DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 6. Juli 1928 | Heft 27

Planmäßige wärmetechnische Forschung.

Von Max Jakob, Berlin.

Der Gedanke der planmäßigen Forschung.

Der Verein Deutscher Ingenieure hat schon jahrzehntelang vor dem Krieg die technische Forschung in großzügiger Weise gefördert, indem er Jahr für Jahr hohe Beträge für Arbeiten einzelner Forscher auswarf. Das Ergebnis dieser Forschungen ist zum großen Teil in der Reihe der von dem Verein herausgegebenen „Forschungsarbeiten" enthalten, von denen neulich das 300. Heft erschienen ist. Aber bei dieser Art der Unterstützung der Forschung fehlte etwas Wichtiges. Man war im allgemeinen darauf angewiesen, sich an die mehr oder minder zufälligen Vorschläge zu halten, die je nach der Neigung der Antragsteller ausfielen. Da es nun in Deutschland immer eine große Zahl technischer Forscher gegeben hat, die mehr Ideen hatten als Mittel zu ihrer Ausführung, so fehlte es zwar nicht an Vorschlägen und Erfolgen; aber es blieben doch auch ganz wichtige Gebiete, die als „undankbar" unbeliebt waren, ohne Bearbeitung.

Die Beschränkung der Mittel sowohl wie der allgemeine Gedanke der Organisation und Rationalisierung aller Arbeit brachte führende Männer des Vereins Deutscher Ingenieure auf den Gedanken, auch die technisch-wissenschaftliche Forschung etwas planmäßiger betreiben zu lassen und in gewisse Bahnen zu lenken, indem man nicht mehr Probleme nur bearbeiten lassen wollte, wie sie gerade „anfielen", sondern sich vielmehr die Frage stellte, welche Arbeitsgebiete denn aus wissenschaftlichen und aus praktischen Gründen besonders der Pflege bedürften.

Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Wissenschaftlichen Beirates des Vereins eine Reihe von wissenschaftlichen Fachausschüssen gebildet, deren jeder die Aufgabe haben sollte, auf einem bestimmten Gebiet der technisch-wissenschaftlichen Forschung sich möglichst allgemein über den Stand des Wissens, die wichtigsten Lücken und Bedürfnisse zu orientieren, daraufhin aus sich heraus Vorschläge für Arbeiten zu machen, die tunlichst ganze Teilgebiete umfassen und planmäßig in Gruppen gegliedert sein sollten, weiter Bearbeiter für diese Aufgaben in und außer dem Ausschuß zu finden und unnötige Doppelarbeit zu verhüten, ferner den Austausch der Erfahrungen durch Vorträge und Aussprachen auch über noch nicht abgeschlossene und veröffentlichte Untersuchungen zu fördern und endlich die Verbindung mit den auf dem gleichen Gebiet arbeitenden Forschern und Organisationen des Auslandes zu unterhalten. Von den Zielen und Arbeiten eines dieser wissenschaftlichen Ausschüsse, nämlich des Ausschusses für Wärmeforschung, soll hier einiges mitgeteilt werden.

Entwicklung der Wärmeforschung.

Die physikalische Wärmeforschung hatte im vorigen Jahrhundert ihre klassische Zeit. Es entstanden die drei Hauptsätze der Thermodynamik (Julius Robert Mayer und Helmholtz, Clausius, Nernst), die grundlegenden Gesetze der Wärmestrahlung (Kirchhoff, Stefan und Boltzmann, Wien, Planck), die mathematische Theorie der Wärmeströmung (Fourier), die kinetische Gastheorie (Maxwell, Boltzmann u. a.) und die thermodynamische Darstellung der Chemie (Nernst). Damit war ein mächtiges Fundament für den Aufbau der Wärmetechnik gelegt, und auch an einem trefflichen Gerüst für dieses Gebäude fehlte es nicht; ich meine damit formale Hilfsmittel wie das Mollierscbe Wärmediagramm.

Aber beim Bau selbst mußte man noch sehr von sparsamer Bauweise absehen, weil man nämlich vielfach seine Elemente aus Mangel an experimentellen Unterlagen nicht genügend beherrschte. Man mußte Kessel, Maschinen und Apparaturen für hunderte Atmosphären, für ganz hohe Temperaturen, für die größten Gasgeschwindigkeiten bauen und baute sie auch; aber man wußte nur sehr unvollkommen, wie die arbeitenden Substanzen: die Brennstoffe, die Gase, die Dämpfe sich bei den physikalischen und chemischen Zustandsänderungen, die sie erfuhren, bei den Expansionen, Kompressionen, Explosionen und Kondensationen verhielten, und daher blieb man der besten Ausnutzung dieser Stoffe fern. Die experimentelle Forschung hatte eben keineswegs Schritt halten können mit den Fortschritten im Theoretischen, Formalen und Praktischen. Ein für die Experimentalphysik beschämender und für die Wärmetechnik auf die Dauer unhaltbarer Zustand.

Es war zwar nur natürlich, daß mit der Schaffung der obenerwähnten Grundlagen das Interesse der theoretischen Physik erlahmt war. Sie wendete sich von der kinetischen Gastheorie und den Wärmeproblemen ab und der Elektronentheorie zu. Aber leider ging damit Hand in Hand auch die Abkehr der Experimentalphysiker von den technisch wichtigen Untersuchungen auf dem Gebiete der Wärme. Man schätzte zwar einen Regnault, der fast sein ganzes Leben diesen technisch schwierigen, langwierigen und im Effekt unscheinbaren Arbeiten geopfert hatte, aber man

verfügte nicht über ähnliche Ausdauer, physikalisch-technische Kenntnisse und sachliche Mittel. Zunächst arbeitete fast nur die Physikalisch-Technische Reichsanstalt auf dem Gebiet REGNAULTS weiter, und auch sie hauptsächlich mit Rücksicht auf die Thermometrie. Den übrigen Bedürfnissen der technischen Thermodynamik kam dann später vor allem das Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München unter Leitung von OSC. KNOBLAUCH erfolgreich entgegen.

Es muß noch bemerkt werden, daß in den Maschinenlaboratorien der technischen Hochschulen eine rege Forschungstätigkeit am fertigen, zusammengesetzten Objekt, eben an der Maschine, ausgeübt wurde; aber je weiter man in der Analyse der Vorgänge sich rein physikalischen Fragen näherte, desto enger wurde der Kreis derer, die daran arbeiteten, weil die große Zahl der Physiker nicht daran interessiert war. Man kann die Situation wohl auf die Formel bringen, daß die Techniker im allgemeinen die Lösung der einschlägigen Aufgaben von den Physikern erwarteten, die Physiker aber das Gebiet gern den Technikern überlassen wollten, oder mit einer kleinen Variante einer bekannten Strophe:

Und da jeder wollte leiden,
Daß der andre für ihn zahle,
Zahlte keiner von den beiden.

Arbeitsgemeinschaften für wärmetechnische Forschung.

Daß man die Fortschritte der wärmetechnischen Forschung durch organisatorische Maßnahmen beschleunigen müsse, haben wohl zuerst die Amerikaner erkannt. Sie faßten daher auf dem besonders aktuellen und wichtigen Teilgebiet des Hochdruckdampfes die individuellen Forschungen zusammen. Unter Führung der American Society of Mechanical Engineers verständigten sich drei Forschungsinstitute über gemeinsame Arbeit und verteilten die Arbeit auf dem genannten Gebiet planmäßig untereinander, nämlich das Bureau of Standards, die Harvard-Universität und das Massachusetts Institute of Technology; dieser Arbeitsgemeinschaft hat sich neuerdings auch die General Electric Co. zur Verfügung gestellt. In Deutschland hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, wohl hauptsächlich auf A. NÄGELS Anregung, ein großzügiges Programm für wärmetechnische Forschung entworfen, dessen Hauptzüge vor einiger Zeit im Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen einem weiteren Kreis zugänglich gemacht wurden[1].

Der Ausschuß für Wärmeforschung im Verein Deutscher Ingenieure, von dem wir ausgegangen sind, hat sich sofort bei seiner Gründung im November 1924 die Frage vorgelegt, welche Arbeiten die vordringlichsten seien, und kam dabei zu folgenden Gruppen:

1. Wärmeleitung;
2. Wärmeübergang an einfachen Körpern durch Konvektion:
   a) ohne } Zustandsänderungen des wärme-
   b) mit } übertragenden Mediums;
3. Wärmestrahlung;
4. Wärmeübergang in Maschinen;
5. Verbrennungsvorgänge in Maschinen;
6. Eigenschaften von hochgespanntem Dampf;
7. Besondere Meßverfahren;
8. Besondere Rechenverfahren.

Diese Titel besagen für jemanden, der den betreffenden technischen Problemen ferner steht, nicht viel. Es soll daher kurz auseinandergesetzt werden, wie man zu diesen Gruppen kam, was sie für die Technik bedeuten und was man im Rahmen des genannten Ausschusses auf diesen Teilgebieten bisher erreicht hat. Näheres kann aus den Berichten über die vier Jahrestagungen ersehen werden, die bisher stattgefunden haben. Die wichtigsten Vorträge von der 2. Tagung sind in dem Heft 300 der „Forschungsarbeiten" abgedruckt, über die 3. Tagung habe ich im Archiv für Wärmewirtschaft referiert[1] und über die 4. Tagung in zwei ausführlichen Aufsätzen in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure[2]. Hier kann es sich natürlich nicht darum handeln, auf die einzelnen Arbeiten näher einzugehen, sondern nur darum, die allgemeine Linie zu skizzieren, auf der wir unserem Ziel näherzukommen suchen.

1. Wärmeleitung.

Während man bei nicht hohen Temperaturen über die Wärmeleitung der einzelnen technisch wichtigen Stoffe allmählich ziemlich Bescheid weiß, fehlt es noch sehr an Daten für hohe Temperaturen. Die Physik hat sich aus theoretischen Gründen hauptsächlich dem Studium der tiefen Temperaturen zugewandt, die Wärmetechnik aber muß auch bei Temperaturen, wie sie in Feuerungs- und Dampfanlagen, in metallurgischen Betrieben u. dgl. vorkommen, Daten über die Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Stoffe haben. Es soll daher versucht werden, ein reicheres Zahlenmaterial für feuerfeste Steine, sowie für feste und flüssige Metalle zu gewinnen.

2a. Wärmeübergang an einfachen Körpern durch Konvektion ohne Zustandsänderungen.

Der Wärmeübergang durch Konvektion ist ein besonders unbeliebtes Stiefkind der Physik. Man glaubte es mit dem Begriff „äußere Wärmeleitung" abfinden zu können, einer Größe, von der man verlangte oder voraussetzte, daß sie innerhalb des jeweils behandelten Tatsachenkomplexes konstant bleibe. Die Technik übernahm zunächst diese Konstante unter dem Namen „Wärmeübergangs-

[1] Forschungen über Wärmekraftmaschinen. Arch. f. Wärmewirtsch. u. Dampfkesselwesen **8**, 229. 1927.

[1] M. JAKOB, Arch. f. Wärmewirtsch. u. Dampfkesselwesen **8**, 65. 1927.

[2] M. JAKOB, Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. **72**, 341 u. 379. 1928.

zahl". In diesem Begriff und Ausdruck verschleiert sich aber einer der kompliziertesten physikalischen Vorgänge, eine Kombination von Wärmeleitung und Strömung, deren Gleichungen man kaum in den allereinfachsten Fällen wirklich lösen kann. Aber man weiß jetzt wenigstens, von wie vielen Bestimmungsstücken der Wärmeübergang abhängig ist, und man ist auf Grund der Ähnlichkeitstheorie in der Lage, aus den Ergebnissen einer Versuchsreihe das Ergebnis für alle anzugeben, für die die geometrische und hydrodynamische Ähnlichkeit gewahrt ist.

Die Anwendung des Ähnlichkeitsprinzips auf die Probleme des Wärmeüberganges ist hauptsächlich W. NUSSELT zu verdanken. Der Ausschuß für Wärmeforschung hat den auf diesem Gebiet in Angriff genommenen Arbeiten, wie den Versuchen von REIHER über den Wärmeübergang an Rohren und Rohrbündeln (wie sie z. B. in Dampfkesseln als wichtige Konstruktionselemente vorkommen) besonderes Interesse geschenkt. Zur Ergänzung dieser im Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München ausgeführten Arbeiten dienen ebenfalls auf dem Ähnlichkeitsprinzip aufgebaute Versuche, die von der Analogie der Wärmeleitungs- und der Diffusionsgleichungen ausgehen. H. THOMA, von dem der Gedanke des Verfahrens und die ersten Versuche stammen, hat den zu untersuchenden Körpern geometrisch ähnliche Modelle aus Filtrierpapier mit Säure getränkt, die durch ein vorbeistreichendes Ammoniak-Luftgemisch zum Teil neutralisiert wird. Dieser Teil wird festgestellt. Kennt man die Diffusionszahl des strömenden Gases und die Temperaturleitzahl des auf Wärmeübergang zu untersuchenden Gases, so läßt sich die Wärmeübergangszahl aus dem Diffusionsversuch berechnen.

Neben den Versuchen mit strömenden Substanzen (künstliche Konvektion) spielen auch die mit natürlicher Konvektion eine wichtige Rolle. Hierbei gerät das Gas oder die Flüssigkeit nur durch Dichteunterschiede in Bewegung, die sich bei verschiedener Erwärmung einstellen. Auf diesem Gebiet haben neuerdings W. KOCH und ferner E. SCHMIDT bemerkenswerte Ergebnisse erzielt.

2b. Wärmeübergang an einfachen Körpern durch Konvektion mit Zustandsänderungen.

Noch weit komplizierter werden die Vorgänge, wenn sie von Zustandsänderungen begleitet sind. Hierher gehören die Arbeiten von MERKEL über die Vorgänge beim Verdunsten von Wasser, bei der Taubildung an festen Körpern u. dgl. Er hat den neuen Begriff der „Wasserübergangszahl" eingeführt, einer der „Wärmeübergangszahl" ganz analogen Größe, die für alle Rechnungen und graphischen Darstellungen sehr zweckmäßig ist.

Eine weitere Aufgabe ist die der Kondensation von Sattdampf und überhitztem Dampf an Wänden. Es besteht eine Theorie von NUSSELT, durch die die Aufgabe auf die Berechnung des Wärmedurchganges durch eine Wasserhaut zurückgeführt wird, die sich an der Kühlfläche bildet und dort langsam abläuft. STENDER hat darauf aufmerksam gemacht, daß nach dieser Theorie Heißdampf unter sonst gleichen Verhältnissen etwas mehr Wärme abgeben müsse als Sattdampf, während man in der Praxis im allgemeinen genau das Gegenteil annahm. JAKOB und ERK haben in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Versuche unternommen, die bisher die NUSSELTsche Theorie im allgemeinen qualitativ bestätigt haben und es wahrscheinlich machen, daß in der Praxis auf der Flüssigkeitsseite einer Wärmeübertragungsvorrichtung oft Luft- oder Dampfschichten oder isolierende feste Stoffe einen Widerstand bilden, der die Erscheinungen trübt und insbesondere einen schlechten Wärmeübergang von Heißdampf vortäuscht.

3. Wärmestrahlung.

So weitgehend der Vorgang der Strahlung theoretisch geklärt ist, so schlecht steht es noch mit unseren einschlägigen praktischen Kenntnissen. Strahlungsfragen spielen in der Wärmetechnik eine ganz außerordentliche Rolle: es kommen vor strahlende feste und flüssige Metalle, strahlende Steinarten (bei fast allen Öfen), strahlende Gase und strahlende Flammen. Für sie alle fehlen, vornehmlich bei hohen Temperaturen, fast völlig die zur Berechnung der Strahlung erforderlichen Zahlenwerte. Insbesondere das Gebiet der Gasstrahlung ist wichtig für die Beherrschung und Berechnung des Wärmeüberganges in allen Feuerungen.

Während Bearbeiter für die Strahlung fester Körper entweder vorhanden waren oder sich leicht fanden, war es auf dem Gebiet der Gasstrahlung nicht einfach, die Arbeiten in Gang zu bringen. Für die Messung der Gesamtstrahlung des Wasserdampfes bei hohen Temperaturen wurde E. SCHMIDT gewonnen, dessen Versuche mittlerweile schon weit fortgeschritten sind. Auch Versuche über die spektrale Verteilung der Strahlung von Wasserdampf und Kohlensäure, deren Kenntnis für die Berechnung von Feuerungen von ausschlaggebender Bedeutung ist, werden bald in Angriff genommen werden können, wegen der Schwierigkeit und Wichtigkeit der Messungen vielleicht ausnahmsweise an zwei Stellen, an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und am Kaiser Wilhelms-Institut für Eisenforschung. In der ersteren Anstalt haben HENNING und TINGWALDT einstweilen mit einem Spektralpyrometer die Temperatur der Acetylen-Sauerstoffflamme gemessen und an der heißesten Stelle zu 3100° gefunden.

4. Wärmeübergang in Maschinen.

Das mehrfach erwähnte Heft 300 der „Forschungsarbeiten" enthält drei im Ausschuß für Wärmeforschung vorgetragene vorzügliche Arbeiten über den Wärmeübergang in Maschinen. NUSSELT behandelt den Wärmeübergang in den

Zylinder der Dampfmaschine, des Kompressors und der Verbrennungsmaschine historisch-kritisch. NÄGEL hat den Wärmeübergang zwischen Dampf und Zylinderwand bei der Gleichstrom-Dampfmaschine gemessen und dabei vor allem den Einfluß der Kolbenringe auf die Wärmeübertragung aufgedeckt; der Verlauf des Wärmeaustausches in den einzelnen Abschnitten der Zylinderwand während einer Umdrehung wurde graphisch dargestellt. Mit einer ganz ähnlichen Apparatur hat G. EICHELBERG an einem Dieselmotor gearbeitet; er konnte besonders einen starken Einfluß des Gasdrucks und eine außerordentliche Steigerung der Wärmeübertragung während des Verbrennungsvorganges nachweisen.

5. Verbrennungsvorgänge in Maschinen.

Das Studium des Verbrennungsvorganges bildet auch in anderer Beziehung einen Gegenstand unseres Studiums. Ich erwähne hier nur die Frage der Zerstäubung des Brennstoffes und der Bestimmung der Größe der Brennstoffteilchen, eine Frage, die durch gründliche Untersuchungen SAUTERS im Münchener Laboratorium für technische Physik schon weitgehend geklärt ist. NUSSELT hat Versuche über die Verbrennung des Kohlenstaubes in einer Bombe in Gang, eine Arbeit, der besondere Bedeutung zukommt, weil man sich neuerdings bemüht, einen Kohlenstaubmotor zu schaffen, also eine Maschine, durch die der Energieinhalt der Kohle ohne den Umweg über einen Kessel in Arbeit umgesetzt werden soll. NUSSELT beschäftigt sich ferner mit Versuchen über das Klopfen überlasteter Verbrennungsmaschinen. Im Maschinenlaboratorium der Dresdener Hochschule ist endlich eine große Versuchsanlage im Bau, mit der die Verbrennung in Maschinen auf optischem Weg untersucht werden soll.

6. Eigenschaften von hochgespanntem Dampf.

KNOBLAUCH und seine Mitarbeiter bestimmen seit etwa 25 Jahren die spezifische Wärme des überhitzten Dampfes, zu immer höheren Drucken fortschreitend. Nunmehr ist der jetzige Bearbeiter dieser Aufgabe, W. KOCH, beim Druck von 120 at angelangt. Bei diesem Druck ist in der Nähe der Sättigung die spezifische Wärme des überhitzten Dampfes etwa gleich 2, also doppelt so groß wie die von Wasser.

Messungen der Verdampfungswärme des Wassers hat M. JAKOB in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zunächst zwischen 10 und 20 at durchgeführt. Jetzt ist dort eine Versuchseinrichtung fertiggestellt, die zu sehr hohen Drucken vorzudringen gestattet.

Die weiter obengenannten amerikanischen Institute wollen darauf verzichten, die Arbeiten des Münchener Laboratoriums zu wiederholen. Dagegen ist in ihrem weiten Programm auch die Verdampfungswärme mit enthalten; bisher haben sie aber die Verdampfungswärme noch nicht gemessen.

7. Besondere Meßverfahren.

Es versteht sich fast von selbst, daß der Ausschuß sein Augenmerk auch auf Meßverfahren richtet, z. B. auf die Verfahren der praktischen Thermometrie, die den Einfluß der Strömung und der Strahlung auf die Anzeige von Thermometern erfassen wollen.

Bei den letzten Verhandlungen des Ausschusses ist auch das interessante Gebiet der Dampfmengenmessung behandelt worden. JOSSE hat über Versuche berichtet, die er mit den früher schon von FORNER zu diesem Zweck benutzten stark erweiterten Düsen angestellt hat, bei denen im engsten Querschnitt die Schallgeschwindigkeit erreicht wird und nach der Expansion wieder eine Verdichtung nahezu auf den Anfangsdruck erfolgt. Es ist damit gelungen, ganz gewaltige Dampfmengen auf $^1/_2$ bis 1% genau zu messen. Ein anderer Bericht behandelte einen großen Prüfstand für Dampfmesser mit allen Zubehörteilen, den W. HEINEN vom Kaliforschungsinstitut in Staßfurt aufgebaut hat.

8. Besondere Rechenverfahren.

Es gibt eine große Anzahl technisch wichtiger, aber mathematisch äußerst schwieriger und verwickelter Probleme der Wärmeleitung, des Wärmeüberganges und der Wärmespeicherung. Solche Aufgaben zu lösen und der praktischen Verwendung zugänglich zu machen, ist eine besonders verdienstvolle Arbeit, der sich z. B. H. GRÖBER unterzogen hat, indem er für einfache Körper (Platte, Kugel, Zylinder) praktische Tafeln berechnet hat. NUSSELT sowie HAUSEN haben sich mit dem schwierigen Fall des Regenerators erfolgreich befaßt, H. SCHMIDT mit dem Problem der Abkühlung von Eisenblöcken, in denen bei 700° im Verlauf der Umwandlung Wärmequellen entstehen und wieder verschwinden. Ein rein wirtschaftliches Rechenverfahren zur Bestimmung der technisch und nach dem Kostenaufwand günstigsten Dicke einer Rohrisolierung wurde von CAMMERER ausgebildet.

Schlußbemerkung.

Von den Forschungen abgesehen, die etwa aus wirtschaftlichen Gründen geheimgehalten werden, sind dem Ausschuß wohl die meisten Untersuchungen auf dem Gebiet der Wärmetechnik von allgemeinerem Interesse bekannt geworden, eine ganze Anzahl ist seiner Anregung zu verdanken.

Die individuelle Forschertätigkeit wird durch die Gemeinschaftsarbeit im Rahmen des Ausschusses für Wärmetechnik nicht im geringsten beeinträchtigt. Aber der einzelne Forscher hat dadurch den Vorteil, zu erfahren, wo technisch wichtige Probleme liegen. Er kann so den Hebel an Stellen ansetzen, wo seine Leistung der Allgemeinheit am schnellsten zugute kommt.

Die Bedeutung Linnés für die Botanik und Zoologie in heutiger Beurteilung.

Von M. MÖBIUS, Frankfurt a. M.

Bei der jetzt herrschenden Mode, Gedenktage zu suchen und zu feiern, dürfte es wohl berechtigt sein, wenn wir das Andenken LINNÉs, der vor 150 Jahren (1778) gestorben ist, wieder wachrufen. Und ich glaube, wir ehren ihn am besten, wenn wir uns ehrlich klar machen, wie man heute das beurteilen muß, was LINNÉ in den beschreibenden Naturwissenschaften geleistet hat. Von seiner Bedeutung als Arzt wollen wir dabei absehen. Unter den beschreibenden Naturwissenschaften tritt aber die Botanik am meisten hervor, da sich ja LINNÉ mit ihr zuerst beschäftigt hat und in ihr schließlich seinen Beruf, seine Haupttätigkeit fand. Das ergibt sich, wenn wir zunächst den Lebenslauf des Gefeierten uns in Kürze vor Augen führen.

CARL LINNAEUS wurde als der älteste Sohn eines Dorfgeistlichen am 23. Mai 1707 zu Rashult im südlichsten Schweden geboren. Schon sehr frühzeitig zeigte sich bei ihm die Liebe zu den Blumen und deren Pflege, und zwar in dem Maße, daß er darüber die Schularbeiten vernachlässigte und auf der Lateinschule zu Wexiö, wohin ihn sein Vater mit der Absicht, auch einen Geistlichen aus ihm zu machen, geschickt hatte, nicht vorwärts kam. Schon war sein Vater im Begriff, den scheinbar so talentlosen Sohn einem Schuster in die Lehre zu geben, als sich ein Arzt seiner annahm, der Verständnis für jene Neigung hatte. So kam der junge Karl durch das Gymnasium und bezog die Universität Lund, wo er wieder Gönner fand. Als er aber dann nach Upsala ging, geriet er in die bitterste Armut, aus der ihn eine kleine, von ihm verfaßte, aber nie gedruckte Abhandlung über das Geschlecht der Pflanzen rettete, denn sie erregte die Aufmerksamkeit des alten RUDBECK, der dem erst dreiundzwanzigjährigen LINNÉ die Vorlesungen über Botanik übertrug. 1732 bereiste LINNÉ im Auftrag der Gesellschaft der Wissenschaften zu Upsala Lappland, aber es gelang ihm nicht, nach seiner Rückkehr eine feste Anstellung zu bekommen; er mußte zum Broterwerb praktischer Arzt werden und dazu den Doktortitel erwerben, was für ihn, der ja auch Medizin neben der Botanik studiert hatte, nicht schwer war. Man promovierte damals gern in Holland, und auch LINNÉ begab sich 1735 dorthin, promovierte in Harderwijk und besuchte den berühmten Arzt und Botaniker BOERHAVE in Leiden. Dieser verschaffte ihm die Stellung eines botanischen Leiters des Großen Gartens, den der Bürgermeister CLIFFORD in Hartencamp besaß. Während der vier Jahre, die LINNÉ in Holland zubrachte, gab er die wichtigsten seiner Schriften heraus, und er begründete mit ihnen seinen Ruhm. Auch England und Frankreich wurden von ihm besucht, aber selbst jetzt fand er bei seiner Rückkehr nach Schweden weder Anerkennung noch Verdienst. Er mußte sich als Arzt niederlassen, und durch glückliche Kuren und hohe Protektion, die er dabei gewann, brachte er es weiter, als durch seine wissenschaftlichen Leistungen in der Botanik. Es gelang ihm aber, die Professur der Medizin, die man ihm 1741 an der Universität Upsala übertragen hatte, mit der für Botanik zu vertauschen und nun zum Gipfel der Anerkennung und des Ruhms rasch emporzusteigen. Die neue Anlage des Botanischen Gartens, die anregenden Vorlesungen und Exkursionen, die er abhielt, zogen Studenten aus aller Herren Länder an. Mit den Ehren floß ihm auch der Reichtum zu, er kaufte sich ein Landgut zu Hammarby bei Upsala und legte sich ein eigenes naturhistorisches Museum an. Hierhin folgten ihm auch in den Ferien die bevorzugteren Schüler, von denen viele auf seine Veranlassung große Reisen unternahmen; die gesammelten Naturgegenstände wurden dann von ihm bestimmt. So führte er ein arbeitsames und an Ehren reiches Leben im Kreise seiner Familie und seiner Schüler, bis ihn ein Schlaganfall traf, der eine teilweise Lähmung bewirkte; ein zweiter Schlag lähmte nicht nur seinen Körper, sondern auch den Geist, aber noch zwei Jahre mußte er aushalten, bis ihn am 10. Januar 1778 der Tod von seinen Leiden erlöste. Sein Nachfolger wurde sein Sohn Karl, der sich auch durch botanische Schriften und Pflanzenbenennungen bekannt gemacht hat. Er war aber kränklich und starb schon 5 Jahre nach dem Vater: mit ihm erlosch das männliche Geschlecht des großen LINNÉ.

Was dessen Äußeres betrifft, so ist es uns in zahlreichen Bildern überliefert. Bei dem LINNÉ-Jubiläum 1907 in Stockholm hat T. TULLBERG eine Schrift über LINNÉ-Porträts herausgegeben, die nicht weniger als 515 Nummern umfaßt: nämlich 322 Gemälde, Zeichnungen und Stiche, 113 Skulpturen und ähnliches und 80 Medaillen. (ROLLETS Goethebildnisse enthalten nur 110 Nummern.) Sein Schüler FABRICIUS sagt: „Seine Augen waren die schönsten, die ich je gesehen". Von Statur aber, sagt derselbe, war er nur klein, und weil er etwas gebückt ging, so schien er noch kleiner als er wirklich war. Er soll ein offenes Herz und heftige Leidenschaften gehabt haben, dazu einen unbeschränkten Ehrgeiz, der sich in seinem Wahlspruch: Famam extendere factis (den Ruhm durch Taten verbreiten) ausspricht. Seine Eitelkeit wird verständlich, wenn wir bedenken, aus wie dürftigen Verhältnissen er sich emporgearbeitet hat. Daß er aber selbst schon bei seinen Lebzeiten nach Kräften für die Ausbreitung seines Ruhmes gesorgt hat, ist gewiß, und dieser Ruhm ist so dauerhaft, daß, wenn man nach den berühmtesten Naturforschern fragt, man wohl die Namen LINNÉ, HUMBOLDT und DARWIN zu hören bekommt. Wie sehr DARWINS Lehre die Gemüter aufgeregt hat, ist bekannt, HUMBOLDT wurde berühmt als Weltreisender und weil er durch seinen, früher viel gelesenen Kosmos zuerst die Naturwissenschaften

in das Volk getragen hat; Linné aber verdankt wohl seine Popularität hauptsächlich seinem Pflanzensystem, das noch bis in den Anfang unseres Jahrhunderts in den Schulen gelehrt wurde, allerdings weder zur Freude der Schüler noch zum Vorteil der Pflanzenkunde. Denn daraus hat sich die leider so viel verbreitete Ansicht gebildet, daß Botanik nichts anderes ist als Staubfäden zählen und Pflanzen bestimmen.

Heute haben wir das Linnésche 24-Klassensystem sowohl in den Schulen als auch in den floristischen Werken aufgegeben, weil wir eben in dem System etwas ganz anderes erblicken als wie die Botaniker zu Linnés Zeiten, denn während diese im System nur ein Mittel sahen, die Naturgegenstände zu ordnen und zu bestimmen, wollen wir damit die wirkliche Verwandtschaft der Organismen zueinander, d. h. ihre Entwicklung, auseinander ausdrücken. Jene früheren Zwecke sind aber, wenigstens was die Pflanzen betrifft, von niemandem in so vollkommener Weise erreicht worden, wie von Linné, er bildet den glanzvollen Abschluß der ersten Periode der Botanik in der Neuzeit. Diese begann mit den Kräuterbüchern des fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts. Das Neue, was sie brachten, war selbständige Betrachtung und Beschreibung der Pflanzen nach der Natur, im Gegensatz zu dem Festhalten an dem, was die Schriftsteller des Altertums von Aristoteles bis Plinius gesagt hatten. In den Kräuterbüchern wurden die Pflanzen sorgfältig beschrieben und zum Teil, wie bei Fuchs, höchst naturgetreu abgebildet. Allerdings geschah das im allgemeinen mehr vom menschlichen Nützlichkeitsstandpunkt aus, also mehr in Hinsicht darauf, wozu sie in der Medizin oder Küche verwendbar sind, als um ihrer selbst willen oder um aus ihnen Kenntnisse von den Lebensvorgängen zu erlangen.

Es handelte sich anfangs um ein paar hundert Pflanzen, nämlich die auffälligeren Blütenpflanzen Mitteleuropas. Aber bald kamen die Pflanzen aus anderen Teilen Europas, dann die aus anderen Erdteilen hinzu, und besonders die Entdeckung Amerikas vermehrte die Zahl der zu beschreibenden Pflanzen bedeutend. Man mußte also jeder Pflanze einen Namen geben und man mußte alle die vielen Pflanzen in irgendeiner Weise bei der Aufzählung anordnen. Diese Anordnung geschah anfangs in den Hauptgruppen: Kräuter, Sträucher, Bäume, in diesen Abteilungen wieder nach äußerer Ähnlichkeit oder ähnlicher medizinischer Wirkung, wenn nicht die alphabetische Anordnung vorgezogen wurde. Aber das Bedürfnis nach zweckmäßiger Ordnung steigerte sich naturgemäß mit der Vermehrung der Objekte, und dies führte zur Aufstellung der sog. künstlichen Systeme, bei denen irgendein willkürlich gewähltes Merkmal zugrunde gelegt wurde. Es kommt also nur darauf an, möglichst leicht anwendbare Merkmale zu finden und damit ein möglichst brauchbares System zu schaffen. So liegt denn in dem Bestreben, recht viele Pflanzen beschreiben zu können und diese in ein recht übersichtliches System zu bringen, der Charakter jener Periode, die mit den Kräuterbüchern beginnt und mit Linné endet.

Dieser selbst zählt nicht weniger als 15 solcher künstlicher Systeme auf, die vor ihm aufgestellt worden sind; ihre Urheber zu nennen und ihre Charakteristik zu geben, darf ich mir hier wohl ersparen, wichtig ist für uns nur, zu wissen, warum das Linnésche System die anderen alle verdrängt und den Sieg davongetragen hat.

Er veröffentlichte es zuerst in seinem Systema Naturae im Jahre 1735 zugleich mit dem System der Tiere und Mineralien. Wie bekannt, enthält es 24 Klassen, von denen 23 auf die Blütenpflanzen kommen, während die blütenlosen oder Kryptogamen in der 24. Klasse vereinigt sind. Die Bildung der Klassen geschieht nach der Zahl der Staubgefäße, ihrer Beschaffenheit, gegenseitigen Stellung und Verhalten zu den Stempeln, während die Zahl der Stempel und andere Umstände zur Einteilung innerhalb der Klassen verwendet werden. Weil also die Geschlechtsorgane die Einteilungsprinzipien abgeben, bezeichnet Linné sein System als Sexualsystem. Es ist nicht zu leugnen, daß er dadurch beigetragen hat, die Sexualität der Pflanzen anzuerkennen, was damals noch keineswegs allgemein geschah: müssen wir doch leider sehen, daß selbst Goethe noch im neunzehnten Jahrhundert sich dazu verleiten ließ, den Pflanzen die Sexualität abzusprechen.

Die Sexualorgane sind aber nicht nur die wichtigsten Organe, sondern sie sind auch der Anpassung, also der Veränderung durch äußere Umstände viel weniger unterworfen als die Vegetationsorgane, weshalb denn auch in der neueren Systematik die Blüten immer noch die wichtigste Rolle spielen. So erklärt es sich, daß sich die Pflanzen nach dem Linnéschen System mit einer Leichtigkeit bestimmen und einordnen lassen, wie es vorher niemals geschehen konnte. Dadurch erwarb es sich die Bewunderung der zeitgenössischen Botaniker und die Zustimmung auch der anfänglichen Gegner: es war das beste aller künstlichen Systeme, und sein Urheber war somit der bedeutendste Systematiker. Freilich nur in der Botanik. Das zoologische System Linnés bleibt sogar hinter dem des Aristoteles zurück, denn bei den Wirbellosen unterschied er nur die Insekten und Würmer, während Aristoteles schon eine größere Anzahl von Gruppen, und zwar zum Teil ganz naturgemäß, aufzustellen versucht hatte; bei den Wirbeltieren begnügte er sich mit den vier Klassen des Aristoteles: Säugetiere, Vögel, Amphibien und Fische.

Das System der Mineralogie, das Regnum lapideum, war ein sehr willkürliches; Linné stellte 3 Klassen auf: 1. Petrae oder Lapides simplices, 2. Minerae oder Lapides compositi und 3. Fossilia oder Lapides aggregati. In ähnlicher Weise erfolgte die weitere Gliederung.

Doch es ist schon ein Verdienst gewesen, daß er überhaupt Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten in den drei Reichen scharf unterschied,

denn das war bisher noch nicht der Fall gewesen. Familien wurden in dem Systema Naturae von 1735 noch nicht aufgestellt.

Die ARISTOTELisch-LINNÉsche Grundlage des Tiersystems hat sich bekanntlich bis jetzt erhalten und ist nur verbessert und weiter ausgearbeitet worden. LINNÉS künstliches Pflanzensystem dagegen ist unverändert geblieben, niemand hat sich vermessen, es zu modifizieren oder ein besseres künstliches System an seine Stelle zu setzen. Ganz andere Bestrebungen traten in der Pflanzensystematik jetzt zu Tage, nämlich die Versuche, die Pflanzen nach einem natürlichen System zu ordnen. Hier müssen wir LINNÉ die Gerechtigkeit widerfahren lassen und erwähnen, daß er selbst einsah, es sei eigentlich das natürliche System dem künstlichen vorzuziehen, aber nach welchen Regeln das erstere aufzustellen sei, das bleibe der Zukunft überlassen. Er selbst lieferte in seinen Fragmenten (1745) ein Verzeichnis von 65 Gruppen oder Ordnungen, die er vorläufig für natürliche Verwandtschaftskreise ansah, wagte jedoch nicht, sie irgendwie durch Merkmale zu charakterisieren. Sie sind mit einem feinen Gefühl für die relativen Ähnlichkeiten und graduellen Verschiedenheiten der Pflanzen untereinander gebildet. Die Pflanzenfamilien nach ihrer natürlichen Verwandtschaft anzuordnen, war sein Ideal: „Das ist es", sagt er, „was zuerst und zuletzt in der Botanik zu erstreben ist". Dieses Bestreben charakterisiert also, wie schon angedeutet, die neue, auf LINNÉ folgende Periode der botanischen Systematik. Die Pflanzen sollen nicht nach einem, willkürlich gewählten Merkmal angeordnet werden, sondern, wenn sie in möglichst vielen Eigenschaften übereinstimmten, dann sollten sie eine Familie bilden, also wirklich miteinander verwandt sein. Gewisse natürliche Familien kannte man schon lange: der Begriff der Familie und nicht der Spezies tritt hier als das Primäre in der Natur auf, wie bei Gräsern und Doldengewächsen. Es ist ja leichter, eine Pflanze als Gras zu erkennen, als zu sagen, welche Grasart es ist. Ergeben sich die Familien nicht von selbst wie hier, so muß man eben welche bilden nach dem oben erwähnten Grundsatz von der Übereinstimmung in möglichst vielen Merkmalen. ANTOINE LAURENT DE JUSSIEU, PYRAME DE CANDOLLE und ROBERT BROWN waren die Schöpfer der ersten natürlichen Systeme, die von den folgenden nur modifiziert und ausgebaut wurden. Man glaubte dabei noch an die Konstanz der Arten: sprach also von Verwandtschaft nur im symbolischen Sinne, bis DARWIN kam und seine Abstammungslehre sich durchsetzte und damit die neue, dritte Periode der Systematik anhob. Jetzt handelte es sich um Verwandtschaft im eigentlichen Sinne, um Blutsverwandtschaft, und das Ziel der Systematik ist, den wirklichen Stammbaum der Organismen zum Ausdruck zu bringen. Das künstliche Klassensystem LINNÉS hat also damit gar nichts mehr zu tun, es hat für uns nur noch historisches Interesse.

LINNÉS Verdienste um die Systematik liegen auf einem anderen Gebiete, nämlich in der Nomenklatur. Was er hierin geleistet hat, krönt nicht nur die Bestrebungen jener ersten systematischen Periode, sondern ist in gewisser Beziehung auch für uns noch maßgebend. Um dies zu verstehen, müssen wir uns wieder die ganze Entwicklung seit dem Beginn der Neuzeit vergegenwärtigen.

In den Kräuterbüchern hatte man die Pflanzen mit den aus dem Altertum überkommenen oder mit den volkstümlichen Namen belegt. Wo es das Bedürfnis erforderte, wurden unterscheidende Beiworte hinzugesetzt, wie: groß und klein, rot und gelb, männlich und weiblich, welch letztere Unterscheidung willkürlich nach der Größe oder Farbe angewandt wurde. Je mehr Arten unterschieden wurden, um so mehr unterscheidende Beiwörter mußten hinzugefügt werden, und so wurde später die Art durch eine ganze Reihe von Adjektiven oder durch kurze Beschreibungen charakterisiert.

Doch schon 1623 führte der Baseler Anatom und Botaniker KASPAR BAUHIN in seinem Pinax Theatri Botanici die binäre Nomenklatur ein, d. h. er bezeichnete jede Pflanze mit zwei Worten, einem Gattungs- und einem Speciesnamen, auch stellte er die Synonymen für die so neu benannten Arten zusammen. Die folgenden Botaniker hielten sich aber nicht an diese Regeln, sondern setzten, wenn sie eine neue Art fanden, immer wieder neue Beiwörter zu dem Namen der Art, der die neue am ähnlichsten war. So konnte es kommen, daß manche Bezeichnungen Sätze von 3—4 langen Zeilen umfaßten. LINNÉ erkannte, daß zur Aufstellung eines brauchbaren Systems auch eine richtige Nomenklatur gehört und führte die binäre wieder ein, freilich nicht die BAUHINsche, sondern eine neue, die er sich dadurch schuf, daß er aus den alten Bezeichnungen das brauchbare herauswählte. So gab er jeder Pflanze einen Doppelnamen, in dem das erste Wort die Gattung, das zweite die Art bezeichnet. Ebenso verfuhr er mit den Tieren. Wenn man bedenkt, daß gegen 9000 Pflanzen und noch viel mehr Tiere neu zu benennen waren; kann man sich einen Begriff von dem machen, was LINNÉ hier geleistet hat. Es ist aber dabei wohl auch noch zu beachten, mit welchem Geschick er die Worte, besonders die Artnamen wählte, um immer eine charakteristische Eigenschaft der Pflanze, mag sie sich auf das Aussehen, das Vorkommen oder auch auf ihren Entdecker beziehen, damit auszudrücken. Hierin kann uns LINNÉ noch immer ein Vorbild sein, denn es ist unglaublich, welche Geschmacklosigkeiten heute in der Namengebung begangen werden!

Die systematischen Botaniker sind übereingekommen, LINNÉS Species Plantarum von Jahre 1753, in welchem Werke 7300 Arten mit binärer Nomenklatur beschrieben werden, als Ausgangspunkt zu betrachten, wenn es sich bei Prioritätsstreitigkeiten um die Feststellung des ältesten Namens handelt; ältere Namen brauchen nicht berücksichtigt zu werden, und für die Species gilt der absolut älteste Name seit 1753, auch wenn

er in einer anderen Gattung angewendet ist, d. h., wenn man die Art jetzt in eine andere Gattung einreiht.

Was hier für die Pflanzen gesagt ist, gilt im allgemeinen auch für das Tierreich, in dem er ebenfalls die binäre Nomenklatur einführte und damit der großen Unsicherheit in der Benennung ein Ende machte. Denn vorher wurden die Tiere mit nicht allgemein gültigen Vulgärnamen belegt, für dasselbe Tier hatte man verschiedene Namen, und andererseits wurden mit demselben Namen verschiedene Tiere bezeichnet. 1758 wurde die binäre Nomenklatur für das Tierreich von LINNÉ in der 10. Auflage seines Systema Naturae, in dem als Regnum Animale bezeichneten Teil, angewandt, und diese Schrift bildet den Ausgangspunkt für die Zoologen, wie die Species Plantarum von 1753 für die Botaniker. Freilich soll jetzt in der Zoologie die binäre Nomenklatur durch eine ternäre verdrängt werden, durch Einführung des Begriffes der Nebenart oder Conspecies, womit freilich, auch nach dem Urteil vieler Zoologen, die Nomenklatur ganz unnötig belastet wird und wobei solche Ungeheuerlichkeiten vorkommen, daß man einen Namen aus drei gleichen Worten bildet und den armen Uhu „Bubo bubo bubo" nennt.

Aber nicht nur die Pflanzen- und Tiernamen wurden durch LINNÉ reformiert, sondern auch allen Begriffen, die zu einer präzisen Pflanzenbeschreibung oder Diagnose gehören, wurde von LINNÉ ein passender Ausdruck verliehen. Als Beispiele für die zweckmäßige Bezeichnung von Pflanzenteilen können wir anführen die Benennung der Früchte als Siliqua (Schote), Legumen (Hülse), Pomum (Apfelfrucht), Bacca (Beere), Drupa (Steinfrucht) u. a. LINNÉ hat zuerst die Teile des Staubgefäßes als Filamentum (Staubfaden) und Anthera (Staubbeutel) unterschieden und ebenso die Teile des Stempels als Germen (Fruchtknoten), Stylus (Griffel) und Stigma (Narbe). Von ihm stammen die Ausdrücke diöcisch und monöcisch, triandrisch, monogynisch und viele andere. Für die Zoologie gilt hier dasselbe: auch für sie hat sich LINNÉ durch die Einführung kurz gefaßter Diagnosen ein großes Verdienst erworben. So kann ADOLPH HANSEN, ein sehr strenger Beurteiler der LINNÉschen Verdienste, mit Recht sagen: „LINNÉ war ein Reformator der Beschreibungskunst, sein Buch, die Philosophia Botanica, war eine botanische Sprachlehre." Dieses höchst merkwürdige Buch, dem wir noch einige Worte widmen müssen, zeigt den Verfasser in seiner ganzen Eigenart, in seiner Sucht, alles, was mit der Botanik zusammenhängt, in Rubriken zu bringen, also auch die Botaniker selbst, die eingeteilt werden in die Botanici Veri, welche die Botanik gründlich verstehen und alle Pflanzen wissenschaftlich zu benennen imstande sind, und in Botanophili, wie Anatomen, Gärtner, Ärzte und verschiedene. Das Buch selbst ist noch vollständig in scholastischem Geiste abgefaßt, es geht von abstrakten Begriffen aus und sucht die Dinge und Erscheinungen diesen anzupassen oder in sie hineinzuzwängen. Der Ausdruck ist äußerst knapp, fest und bestimmt, es gibt keine Einwände gegen das, was LINNÉ hier festsetzt, man wird geradezu an die mosaischen Gesetze erinnert. Dadurch ließ sich selbst GOETHE imponieren; als er sich intensiver mit Botanik zu beschäftigen begann, wurde LINNÉs Philosophia Botanica zu seinem täglichen Studium. Ja, er bekennt, daß nach SHAKESPEARE und SPINOZA die größte Wirkung von LINNÉ auf ihn ausgegangen sei, „aber — fügt er hinzu — gerade durch den Widerstreit, zu dem er mich aufforderte. Denn indem ich sein scharfes, geistreiches Absondern, seine treffenden, zweckmäßigen, oft aber willkürlichen Gesetze in mich aufzunehmen versuchte, ging in meinem Innern ein Zwiespalt vor: das, was er mit Gewalt auseinander zu halten suchte, mußte, nach dem innersten Bedürfnis meines Wesens, zur Vereinigung anstreben."

Hier ist vielleicht Gelegenheit, den Streit zu erwähnen, der vor etwa 25 Jahren darüber entbrannte, ob LINNÉ oder GOETHE zuerst die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen aufgestellt habe. Richtig ist, daß LINNÉ diesen Ausdruck zuerst gebraucht hat, aber in einer Weise, daß wir nichts damit anfangen können. Kann man sich etwas darunter vorstellen, wenn es heißt: „Wie die tierische Maschine aus den Systemen des Gehirns und der ernährenden Gefäße besteht, so auch die pflanzliche. Bei dieser vertritt das Mark die Stelle des Gehirns oder des Rückenmarkes und die Rinde die Stelle der Gefäße, durch welche der Nahrungssaft zugeführt wird. . . So bilden denn diese beiden wesentlichen Teile die Larve der Pflanze und wandeln sich dann wie beim fliegenden Insekt, wenn es zum Käfer wird, in die Blüte um, mit dem rindenbürtigen Kelch, während die flügelartigen, wenn auch befestigten Blumenblätter aus dem Bast, die männlichen Staubfäden aus dem Holz und das weibliche Pistill aus dem Mark entsteht." Dagegen halte man die klare Darstellung GOETHES, der uns lehrt, daß alle Gebilde, die in gleicher Weise seitlich aus dem Stengel aussprossen, unter dem Begriff des Blattes zusammengefaßt werden können, mögen sie später als Laubblätter, Ranken, Kelch- oder Blumenblätter, Staubgefäße oder Fruchtknoten erscheinen, er zeigt uns, daß es eigentlich der beblätterte Stengel ist, der die Pflanze charakterisiert, an ihm erkennen wir die verschiedenartigsten Formen vom kleinsten Moos bis zum höchsten Baum als Pflanzen. Das ist ein wirklicher Fortschritt in der Erkenntnis, damit hat GOETHE die Morphologie begründet, und auch dieser Name stammt von ihm.

Mit Morphologie, Anatomie und Physiologie hat sich LINNÉ wenig beschäftigt, und wir können ihm das, da er Systematiker war, nicht zum Vorwurf machen. Was er aber davon bringt, beschränkt sich wieder auf das Rubrizieren. So behandelt er beispielsweise den Pflanzenschlaf, d. h. das Öffnen und Schließen der Blüten, indem er Tabellen von den Pflanzen, welche die Erscheinung zeigen, und von den Stunden, zu welchen sie eintreten, gibt.

Eher könnte man ihm zum Vorwurf machen, daß er die Entwicklung der anderen Zweige der Botanik gehemmt hat, indem er sie fast verächtlich ansah und sie gegenüber der Systematik kaum gelten lassen wollte. Wir sehen das am besten an der Entwicklung der Anatomie und Physiologie, die mit den Werken von MALPIGHI und GREW im siebzehnten Jahrhundert einen so glänzenden Anfang gemacht hatten. Man baute auf diesen Ergebnissen nicht weiter, ja, man mußte im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts geradezu wieder ganz von vorn anfangen, weil LINNÉ sie mit seiner Systematik ganz beiseite gedrängt hatte. Und doch sind in der Botanik wie in der Zoologie es gerade diese Disziplinen (Anatomie und Physiologie), durch die wir der Erforschung der Lebenserscheinungen näher zu kommen hoffen. Das aber ist, wie mir wenigstens scheint, die eine große Hauptaufgabe der biologischen Wissenschaften. Die andere besteht darin, zu untersuchen, auf welche Weise die heutige Tier- und Pflanzenwelt entstanden ist, und ihr dient die Systematik, wie wir sie heute treiben, die Pflanzen- und Tiergeographie und -paläontologie. Unter diese beiden Hauptaufgaben dürften sich alle Zweige der Zoologie und Botanik einordnen lassen. Wie anders also lauten diese Aufgaben als die, welche LINNÉ denselben Wissenschaften stellte, indem er die Bedeutung eines Naturforschers nach der Menge der Tiere und Pflanzen, die er zu unterscheiden und zu benennen wußte, bemaß! Es handelt sich bei unserer Forschungsrichtung um eine ganz neue Periode, die mit LINNÉ nichts mehr zu tun hat, wenn auch die Anfänge der neuen nicht nur noch in seine Zeit hinaufragen, sondern sogar in noch ältere Zeiten. Denn den schon erwähnten MALPIGHI können wir als einen Forscher begrüßen, der ganz im heutigen Sinne durch anatomische und physiologische Untersuchungen dem Rätsel des Pflanzenlebens näher zu kommen suchte. Auch die ersten Untersuchungen über Atmung und Assimilation durch PRIESTLEY und SCHEELE ragen noch in seine Zeit hinauf. Jedoch war erst ein wirkliches Verständnis für die Lebensvorgänge eröffnet, als SCHLEIDEN und SCHWANN die Zelle als das Grundorgan des Pflanzen- und Tierkörpers erkannt hatten, und das geschah erst gegen Ende der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Es möge genügen, darauf hinzuweisen, wie die Anwendung der Physik und Chemie, neuerdings besonders der Kolloidchemie, der Physiologie ganz neue Wege aufgeschlossen hat.

Was nun die andere Aufgabe betrifft, so konnte sie natürlich erst recht zur Geltung kommen, als sich die Deszendenztheorie allgemeine Anerkennung verschafft hatte, als sie eben nicht mehr Theorie war, sondern als man die Abstammung der jetzt vorhandenen Organismen von den früher vorhandenen als die einzige Möglichkeit ihrer Entstehung erkannt hatte. Daß neue Arten aus früher vorhandenen hervorgehen können, ist bekanntlich auch schon vor DARWIN mehrfach als Vermutung ausgesprochen worden, gegenüber LINNÉ, der an der Konstanz der Arten festhielt. Wir finden zwar in seinen Genera Plantarum die Äußerung, daß die Arten dadurch entstanden seien, daß die Natur die Gattungen vermischte, während die Gattungen aus Urpflanzen entstanden seien, welche die Ordnungen repräsentierten. Denn — sagt er — „Der Schöpfer hat im Anfang das vegetabilische Mark mit verschiedenen Rinden umhüllt, aus denen so viele verschiedenartige Individuen hervorgingen, als es natürliche Ordnungen gibt". Aber hier handelt es sich, wenn man die Worte genauer prüft, nicht um eine Entstehung der Arten aus einander, sondern sozusagen um eine Zerspaltung der Ordnungen in Gattungen, Arten und Varietäten, und mit derartigen unbegründeten Behauptungen können wir nichts anfangen. Bemerkenswert ist, daß schon der Schüler LINNÉS, der bekannte Entomolog FABRICIUS überzeugt war, daß neue Arten in der Natur entstehen können, daß die Arten in einer langen Reihe von Jahrtausenden aus einem kleinen Keime sich verbreitet haben. Die unendliche Menge der Arten — die 2000—3000 Arten von Insekten bei LINNÉ, hat FABRICIUS auf 15000—28000 vermehrt — scheint ihm aus der Leichtigkeit der äußeren körperlichen Teile, eine andere Lage, Figur, Proportion und Zahl anzunehmen, entstanden zu sein, es sind also lamarckistische Ansichten, die wir hier schon ausgesprochen finden. Eine Geschichte des Darwinismus zu geben, ist hier natürlich nicht am Platze, und bezüglich der Erklärungen über die Entstehung der Arten auseinander, können wir auf DARWINS Worte verweisen, wenn er sagt, „daß es äußerst wenig zu bedeuten hat, an welche spezielle Theorie ein Naturforscher glaubt, im Vergleich mit der Annahme, daß Spezies von anderen Spezies abstammen und nicht unveränderlich erschaffen worden sind". Das ist der große Gegensatz zwischen LINNÉ und DARWIN, zwischen der mit LINNÉ abschließenden Periode der Forschung und der mit DARWIN beginnenden. Es kommt nicht auf den Unterschied zwischen künstlichem und natürlichem System an, denn auch das von LINNÉ als Ideal anerkannte natürliche System stand ebenso wie die natürlichen Systeme der folgenden vordarwinschen Zoologen und Botaniker unter der Herrschaft des Glaubens an die Unveränderlichkeit der Art. Hier ist besonders das Buch des Botanikers HOFMEISTER von Interesse. In diesem Meisterwerk zeigt er, daß von den Moosen aufwärts durch die Farne und ihre Verwandten bis zu den Coniferen, ja Angiospermen, eine zusammenhängende, aufsteigende Reihe mit demselben Prinzip der Fortpflanzung, dem Generationswechsel, sich feststellen läßt, ohne daß ihm dabei der Gedanke kommt, wenigstens, ohne daß er ihn ausspricht, daß sich diese Gruppen auseinander entwickelt hätten! Heute aber ist uns HOFMEISTERS Buch, das sieben Jahre vor DARWINS Entstehung der Arten erschien, einer der schönsten Belege für die Deszendenztheorie.

Wie haben sich früher die Systematiker bemüht, die Verwandtschaft der Arten und Familien herauszufinden, ohne doch eigentlich zu wissen, worauf denn nun diese Verwandtschaft beruhen sollte. „Wenn wir aber nun — es mögen hier wieder DARWINS eigene Worte benutzt werden — die Anwendung der Descendenz als die einzige, mit Sicherheit erkannte Ursache von der Ähnlichkeit organischer Wesen untereinander etwas weiter ausdehnen, so wird uns die Bedeutung des natürlichen Systems klar werden: es ist genealogisch in seinen Anordnungsversuchen, und es werden die Grade der Verschiedenheiten, in welche die einzelnen Verzweigungen auseinander gelaufen sind, mit den Kunstausdrücken Varietäten, Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen bezeichnet." Noch etwas anderes aber ergibt sich dabei: ein natürliches, auf wirklicher Verwandtschaft begründetes System kann selbstverständlich nur für Organismen existieren, die anorganischen Körper müssen nach anderen Prinzipien angeordnet werden. Für LINNÉ dagegen war es gleich, was er unter der Hand hatte, für ihn ließ sich alles in ein System bringen: Steine, Pflanzen, Tiere und Naturforscher. Damit wollen wir seine Verdienste nicht verkleinern: es war auch einmal notwendig, überhaupt Ordnung in die zu beschreibenden Naturkörper zu bringen und der Beschreibung selbst feste Gesetze zu geben; keiner hat das so gut verstanden wie LINNÉ, dem wir auch heute noch in vielem, wie in der binären Nomenklatur der Botanik, folgen.

Aber die Naturwissenschaft hat sich unterdessen umgewandelt, Zoologie und Botanik sind nicht mehr bloß die beschreibenden Wissenschaften, sondern sie sind zur Biologie geworden, sie suchen das Leben und die Entstehung zu erforschen. So ist die heutige Biologie durch eine weite Kluft von LINNÉ getrennt: wir sehen ihn auf den Gipfel eines Berges stehen, der auf unserem Wege hinter uns liegt, den wir schon überwunden haben, und wir steigen einen anderen Berg hinauf, wobei er uns nicht mehr als Führer dienen kann. Daß er aber geholfen hat, die Wissenschaft auf jenen ersten Gipfel hinaufzubringen, dessen wollen wir in diesem Jahre mit Dankbarkeit gedenken![1]

[1] Vorstehendes wurde, mit geringen Abänderungen, als Vortrag gehalten in der Rheinischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften, Medizin und Technik am 10. Mai 1928 in Bonn.

Über die Wirkung verschiedener Zustandsformen des Eisens auf sein chemisches Verhalten.

Von OSKAR BAUDISCH, New York.

(Aus dem ROCKEFELLER-Institut für medizinische Forschung.)

Anorganische Substanzen können, ganz allgemein analysiert, in verschiedenen Aggregatzuständen zur Wirkung gelangen, worüber die folgende Klassifikation kurzen Aufschluß gibt:

1. als Ionen (elektrisch geladene Atome der Elemente),
2. als Komplexionen (im WERNERschen Sinne),
3. als undissoziierte Moleküle,
4. als submikroskopische Kryställchen,
5. als kolloide Teilchen.

Wenn wir somit die Wirkung eines Metallsalzes, z. B. eines Eisensalzes, näher beschreiben wollen, so müssen wir auf diese Klassifikation Rücksicht nehmen.

Bei der Einwirkung von Eisen in den erwähnten verschiedenen physikalischen Zuständen auf Alkalinitrate und Nitrite haben wir Resultate erhalten, die einiges Interesse beanspruchen dürften.

Wie wir sehen werden, wirkt das Eisen in verschiedenen Zustandsformen sehr verschieden auf Stickstoff-Sauerstoffverbindungen ein, wobei wir außerdem noch berücksichtigen müssen, daß die Versuche, je nachdem sie in atmosphärischer Luft oder in einem luft(sauerstoff-)freien System ausgeführt werden, ganz verschiedene Resultate ergeben. Diese Tatsache ist wesentlich, weil wir es im folgenden nur mit Reduktionsreaktionen zu tun haben, für die nach der bisherigen Ansicht Wasserstoff, aber nicht Sauerstoff nötig ist. Ein großer Teil dieser Arbeiten ist bereits in den „Berichten" veröffentlicht worden, und es sollen hier die früheren Resultate mit den neuen Ergebnissen verschmolzen werden. Alle älteren Versuche wurden aber nochmals mit reinstem Eisen (aus Eisencarbonyl) bzw. mit daraus hergestellten Verbindungen wiederholt, um von vornherein jeden Vorwurf der Wirkung von Verunreinigungen katalytischer Natur auszuschließen.

In den im folgenden beschriebenen Versuchen handelt es sich somit um die Wirkung von reinstem zweiwertigen Eisen im Ionenzustand in Form verschiedener anorganischer und organischer Komplexe und als festes disperses System, wie es gefällte Hydrate darstellen.

Die hier in gedrängter Form zusammengestellten Resultate können natürlich nur dann richtig beurteilt werden, wenn man die Originalarbeiten mit ausführlichem experimentellen Material studiert. Unsere erste Mitteilung über dieses Thema in dieser Zeitschrift, betitelt: „Chemische und physikalische Studien zum Mineral-, insbesondere zum Eisenstoffwechsel", ist ebenfalls ein Auszug aus einer Reihe von Publikationen. Leider haben einige Forscher auf Grund dieser Zusammenfassung und in vollkommener Unkenntnis unserer Originalarbeiten Schlüsse gezogen, welche natürlich zu Mißdeutungen unserer Arbeiten führen mußten. Die gemachten Einwände sind aber nicht wichtig genug, um im einzelnen behandelt zu werden. Wir wollen in dieser Abhandlung versuchen, das Wesentliche und die Bedeutung eines „aktivierten" Eisensystems so darzustellen, daß

sich eine Polemik über die von anderer Seite übermäßig in den Vordergrund gestellte Benzidinreaktion als überflüssig erweist.

Genaue magnetische Messungen von Eisenoxyden und komplexen Eisensalzen wurden angestellt, um tiefer in das Wirkungsvermögen von spezifischen Eisenkonfigurationen eindringen zu können.

Wie sehr ferner atmosphärische Luft derartige induzierte oder katalytische Einwirkungen beeinflussen kann, ergibt sich aus den weiteren Darstellungen.

Um auch die Wirkung von Lösungsgenossen kennenzulernen, haben wir Versuche mit eisenhaltigen Mineralquellen (Saratogaquelle, Staat New York U. S. A.) angestellt. Die Resultate dieser Arbeit sind unter dem Titel „Natürliche Mineralwässer im Lichte moderner Forschung". Die katalytischen Eigenschaften der Saratogaquelle in den „Archives of Internal Medicine" publiziert worden. Aus diesen Versuchen hat sich ganz klar ergeben, daß sich Ferroionen zusammen mit den Lösungsgenossen in der chemischen Wirkung von gewöhnlichen Ionen einer Ferrobicarbonatlösung unterscheiden. Daß sich im Mineralwasser gelöstes zweiwertiges Eisen mit Luft zu dreiwertigem oxydiert und damit gleichzeitig gewisse Peroxydreaktionen verloren gehen, ist selbstverständlich, und die kürzlich vorgenommenen Untersuchungen von anderer Seite haben nichts Neues ergeben.

Unsere prinzipiell neue Idee und experimentell bekräftigte Tatsache ist die Beobachtung, daß das aus einer Ferrobicarbonatlösung durch Hydroxylionen oder durch Hydrolyse gefällte feste $Fe(OH)_2$ im status nascendi zusammen mit molekularem Sauerstoff eine Verbindung von außerordentlich hohem Reduktions- und Oxydationspotential bildet, was sich durch verschiedene chemische Reaktionen beweisen läßt.

In dieser Abhandlung wollen wir nur das *reduktive* Kraftfeld jener Ferrohydrat-Sauerstoffverbindung berücksichtigen, nämlich die reduktive Spaltung von Alkalinitrat zu Alkalinitrit $KNO_3 - KNO_2$ und die Oxydationswirkung in einer anderen Abhandlung darlegen.

Die Reduktion von Nitrat zu Nitrit ist so „gewöhnlich", daß man von vornherein kaum etwas Besonderes oder gar Neues darin suchen sollte. Daß durch frischgefälltes Ferrohydrat anwesendes Alkalinitrat zu Nitrit reduziert wird, ist schon deshalb bekannt, weil man auf diesem Wege leicht aus dem Nitrat über das Nitrit die untersalpetrige Säure bzw. ihre Salze darstellen kann. Tatsächlich geht die erste Stufe der Reaktion, die Reduktion des Nitrats zum Nitrit, nur bei Gegenwart von Luft (Sauerstoff) vor sich. Nur in einem aeroben System greift Ferrohydrat, und auch nur, wenn es frisch gefällt ist, Nitrat an, nicht aber in einem anaeroben. Es bleibt sich dabei vollständig gleich, ob man den Versuch in der Kälte oder in der Hitze ausführt. In vollkommener Abwesenheit von Sauerstoff ist der sonst verhältnismäßig labile Nitratsauerstoff gegen so starke Reduktionsmittel wie Ferroion, Ferrokomplexion und festes disperses Ferrohydrat unangreifbar. Es genügt die geringste Spur von Luftsauerstoff, um bei Gegenwart von festem Ferrohydrat eine entsprechende Menge von Nitrat zu Nitrit zu reduzieren. Die Beobachtung, daß frisch gefälltes Ferrohydrat fast momentan „altert", d. h. gewisse wichtige Eigenschaften verliert, und daß ferner die frische Fällung mit Sauerstoff eine Verbindung eingeht, die reduktiv und oxydativ wie ein Ferment, d. h. selektiv katalytisch wirkt, läßt sich mit der Nitratreduktionsreaktion am besten studieren. Es ist deshalb der Werdegang des Studiums der Einwirkung von Eisensalzen auf Nitrate und Nitrite näher ausgeführt werden. Die erwähnten Reaktionen sind ein Teil meiner früheren Untersuchungen „Über Nitrat und Nitritassimilation", die in dieser Zeitschrift zusammenfassend behandelt wurden. Im folgenden sollen unsere Untersuchungen kurz beschrieben werden.

Als einheitliches Ausgangsmaterial diente eine Ferrobicarbonatlösung, die durch Auflösen von reinstem Eisen (aus Eisencarbonyl) in kohlensäurehaltigem Wasser hergestellt worden war. Die klare Lösung enthielt durchschnittlich 0,5—0,6 g Eisen im Liter. In einer Arbeit mit DAVID DAVIDSON, betitelt: „Natürliche Mineralwasser im Lichte moderner Forschung", haben wir gezeigt, daß sich in einer solchen Lösung hauptsächlich freie Ferroionen befinden müssen, da Lichtenergie infolge Wasserzersetzung das Ferroion quantitativ zu Ferri oxydiert. In Verbindung mit Lösungsgenossen (Mineralwasser) oder in komplexer Form ist die Einwirkung des Lichtes auf zweiwertiges Eisen vollkommen verschieden.

Für das Studium von Ferro*ionen* auf Nitrate und Nitrite wählten wir deshalb die frisch hergestellte Ferrobicarbonatlösung, die zu diesem Zwecke mit chemisch reinen Alkalinitrat- oder nitritlösungen in Anwesenheit und Abwesenheit von Luft vermischt wurde.

Klare Ferrobicarbonatlösungen werden beim Vermischen mit Alkalinitriten allmählich trübe, und es scheiden sich Eisen-3-oxydhydrate aus. Der Vorgang verläuft sowohl aerob als anaerob, denn als Oxydationsmittel wirkt hier der aus dem Nitrit abgespaltene Sauerstoff. Die Reaktion verläuft stöchiometrisch und hört auf, wenn alles Ferroeisen oxydiert ist. Vermischt man hingegen Alkalinitratlösung mit Ferrobicarbonatlösung, so bleibt das farblose Gemisch in Abwesenheit von Luft klar und farblos. Erhitzt man, so scheidet sich unter Entwicklung von Kohlensäure schneeweißes Ferrocarbonat aus, welches seine Farbe nicht verändert. Damit ist schon bewiesen, daß Nitrate unter diesen Umständen nicht reduziert werden. Wird die Nitratlösung in atmosphärischer Luft mit Ferrobicarbonatlösung vermengt, so tritt rasch Trübung und Ausscheidung von Ferro-Ferrihydraten ein, bis schließlich durch Schütteln mit Luft oder Sauerstoffeinleiten das gesamte Eisen zur dreiwertigen Stufe oxydiert ist. Auch

hier bleibt das gleichzeitig anwesende Nitrat vollkommen unverändert, und man kann in der vom Eisenoxyd abgetrennten Lösung weder Nitrit noch Ammoniak nachweisen. Arbeitet man anstatt in kohlensaurem in *bicarbonat*alkalischem Medium, so ist der Vorgang prinzipiell genau derselbe. Bei der Nitritreduktion geht die Änderung der Wasserstoffionenkonzentration parallel mit der Art der gebildeten Reduktionsprodukte; in stark alkalischem Medium entsteht hauptsächlich Ammoniak, in neutralem und schwach alkalischem viel Stickstoff und Stickoxydul neben geringen Mengen von Ammoniak, während Nitrat unter keinen der angegebenen Bedingungen angegriffen wird.

Wie wir sehen, wirkt das ionisierte zweiwertige Eisen nur auf Alkalinitrite reduzierend, während Nitrate unangegriffen bleiben.

Bei der Verwendung von Eisenionen als Reduktionsmittel auf Nitrate und Nitrite haben wir es mit relativ einfachen Verhältnissen zu tun. Wir dürfen annehmen, daß bei Ionenreaktionen nur die Valenzelektronen des Eisenatoms in Betracht kommen und die inneren Elektronenschalen unbeteiligt bleiben.

Die Verhältnisse komplizieren sich jedoch bedeutend bei den Eisenkomplexverbindungen. Die Elektronenarchitektur des Eisens wird in den komplexbildenden Gruppen mehr oder weniger tiefgehend beeinflußt, und mit der Änderung des Elektronengebäudes des Eisens müssen wir auch mit veränderten chemischen und biologischen Wirkungen rechnen. In der Tat wirken komplexe Eisenverbindungen auf Nitrate und Nitrite anders als Ferroionen, was im folgenden ausgeführt werden soll.

Um wieder biologischen Verhältnissen möglichst nahezukommen, wählen wir als komplexbildende Substanz Traubenzucker. Erhitzt man Traubenzucker mit einem Ferrosalz in alkalischer Lösung, so bildet sich ein komplexes Zucker-Eisen-Alakalisalz, das in Wasser mit schwach violettstichig brauner Farbe löslich ist. Dieses Salz reduziert in der Wärme Nitrite zu Ammoniak und Stickstoff, während Nitrate nicht im geringsten angegriffen werden. Ein Traubenzucker-Alkalisystem, welches bekanntlich an sich schon ein Reduktionsmittel darstellt, läßt Nitrite wie auch Nitrate unangegriffen, und zwar sowohl aerob wie anaerob. Nur jene Zuckerarten, deren atomarer Aufbau bereits verrät, daß mit Eisen in alkalischer Lösung ein Komplex entstehen kann, wirken als Reduktionsmittel. Ebenso verhalten sich die Eisenkomplexsalze vom Typus der Phenolato- und Salicylatosalze, deren konstitutioneller Aufbau durch die WEINLANDsche Schule aufgeklärt worden ist. Die Reduktion der Nitrite mit diesen Eisenkomplexsalzen verläuft in jenen Fällen, bei denen nur ein Zerfall des Nitrits zu NO und keine weitere Reduktion bis zu Ammoniak erfolgt, nur in Gegenwart von Sauerstoff. Nitrate werden von diesen Reduktionssystemen nicht angegriffen, und TH. PFEIFFER und W. SIMMERMACHER haben auf Grund meiner Versuche eine quantitative Bestimmung von Nitrat neben Nitrit ausgearbeitet. Den Mechanismus dieser Reduktion haben wir mit Hilfe der WERNERschen Koordinationstheorie zu erklären versucht, indem wir annahmen, daß das Alkalinitrit durch koordinative Bindung am Eisenkomplex zur Reduktion geführt wird, und fanden eine Bestätigung in den folgenden Versuchen.

Alkalinitrite reagieren mit Pentacyan-aquoferroat unter Bildung von Nitroprussidalkali. Das letztere gibt bekanntlich mit Ammonsulfid auch in sehr großer Verdünnung eine tiefe Violettfärbung, so daß man auf diese Weise nicht nur Schwefel, sondern auch Spuren von Nitrit nachweisen kann, während Nitrate diese Reaktion nicht geben. Versetzt man nun eine Lösung von Ferrocyankali mit Nitrit und bestrahlt die Lösung, so bekommt man mit Ammonsulfid die charakteristische Nitroprussidreaktion. Schließt man aber den Luftsauerstoff aus, arbeitet also anaerob, so bleibt der Nachweis des Nitroprussids negativ. Die Reaktionsfolge ist also die, daß der Sauerstoff der Luft in dem durch die Bestrahlung aktivierten System eines der 6 Cyanmoleküle oxydativ aus dem Komplex entfernen kann, sodaß ein Nitritmolekül an die Stelle des Cyans tritt. Wir konnten ferner nachweisen, daß man mit Hilfe geringer Mengen von komplexen Eisensalzen große Mengen von Nitrit zu Ammoniak und Stickstoff umsetzen kann. Dieser Versuch zeigt also, daß die Reduktion von Nitrit durch komplexes Eisen einmal die Anwesenheit von Sauerstoff verlangt, ferner, daß die Reduktion über einen intermediär gebildeten Eisen-Nitratkomplex geht und daß — als typisch katalytische Reaktion — große Mengen von Nitrit durch sehr geringe Mengen von Komplexsalz umgesetzt werden. Hervorzuheben ist noch, daß wir im Gegensatz zu der Reduktion mit Ferroion bei der Nitritreduktion aerob und anaerob scharf auseinander halten müssen, während Nitrate von komplexem Eisen in keiner Weise angegriffen werden.

Wir kommen nun zum dritten und wichtigsten Fall, der Reduktion mit festem Ferrohydroxyd. Während hier wie im ersten Fall Nitrite unter allen Umständen immer reduziert werden, verhalten sich die Nitrate ganz anders. Wir müssen hier einen neuen Gesichtspunkt in unsere Betrachtungen einführen. Je nachdem, ob wir aerob oder anaerob arbeiten, müssen wir noch beachten, ob das Ferrohydrat im Status nascendi oder als wenn auch nur erst seit kurzer Zeit gebildeter Körper zur Reaktion gelangt, mit anderen Worten „gealtert" ist.

Fällen wir Ferrohydrat aus einer klaren, nitrathaltigen Ferrobicarbonatlösung anaerob, so bleibt das Ferrohydrat vollkommen weiß wie Schnee, unabhängig, ob wir in der Kälte oder in der Hitze arbeiten. Die geringste Abspaltung von Sauerstoff aus dem anwesenden Nitrat würde sich in einem Verfärben des Hydrats bemerkbar machen. Um den Versuch noch drastischer zu gestalten, wurde in die Ferrobicarbonatlösung

eine geringe Menge Brenzcatechin eingetragen. Das durch Lauge aus dem nitrathaltigen anaeroben System ausgeschiedene Hydrat blieb wiederum schneeweiß, und nach dem Absetzen des Niederschlages war die überstehende Flüssigkeit vollkommen farblos. In dem durch überschüssige Lauge alkalisch gehaltenen System hatte sich das wasserlösliche Brenzcatechinferroalkalisalz bilden können. Bei der überaus großen Empfindlichkeit dieses Salzes gegen Sauerstoff in molekularer oder atomarer Form, die durch intensive Violettfärbung zum Ausdruck kommt, hätte sich auch die geringste Spur von Sauerstoff zeigen müssen. Die Lösung blieb jedoch vollkommen farblos. Um nun die Anwesenheit des unveränderten Nitrats und besonders die Wirkung des daraus abgespaltenen Sauerstoffs auf das beschriebene System zu demonstrieren, wurde das in einem Quarzkolben befindliche Gemisch den Strahlen einer Quecksilberlampe ausgesetzt. Schon nach wenigen Minuten wurde der farblose Inhalt des Kolbens tief permanganatrot gefärbt. Das kurzwellige Licht spaltet aus dem Nitrat Sauerstoff ab, der momentan das farblos gelöste bzw. schneeweiß suspendierte Brenzcatechinferrosalz tief rot-violett färbte.

Die Versuche in Gegenwart von Luft zeigen dagegen drastisch die starke Verfärbung des zunächst schwach grün gefärbten Ferrohydrats, welches in Anwesenheit von Nitrat viel rascher als mit Luft allein, in einen dunkel-schwarzgrünen Niederschlag übergeht. Das Nitrat wird in der Kälte zunächst nur bis zum Nitrit reduziert. Genaue quantitative Versuche mit Berücksichtigung der Wasserstoffionenkonzentration sind von PAUL MAYER und mir veröffentlicht worden. Dort befinden sich auch Angaben über den Zusammenhang der Menge von reduziertem Nitrat mit der Menge in Wasser gelösten Sauerstoffes. Die dort angegebenen Versuche der quantitativen Trennung von Nitrat und Nitrit mit Ferrohydrat im anaeroben System geben einen neuen Beweis, daß Nitrate vollkommen unangegriffen bleiben.

Während die angegebenen Versuche die Mitwirkung des in Wasser gelösten Sauerstoffes bei der Reduktion von Nitraten mit festen Ferrohydraten augenscheinlich demonstrieren, bleibt nur noch übrig, das rasche Altern des frischgefällten Ferrohydrates durch einige Versuche zu beweisen. Zu diesem Zwecke wurde der Ferrohydratniederschlag mit der überstehenden Lösung erst ca. 8 Stunden unter vollkommenem Luftabschluß „gealtert" und dann mit einer sauerstofffreien Lösung von Nitrat versetzt. Schüttelt man nun mit Luft, bis alles Ferro zu Ferri oxydiert ist, so läßt sich im Filtrat des Ferrioxydniederschlages weder Nitrit noch Ammoniak nachweisen. Der Versuch verläuft analog, wenn das Nitrat bei der Fällung des Hydrates bereits anwesend ist, wesentlich ist nur, daß die Oxydation erst einsetzen kann, nachdem das Hydrat „gealtert" ist. Ist das Ferrohydrat durch Luftsauerstoff teilweise oxydiert, so daß sich gemischte, magnetitähnliche Oxydhydrate gebildet haben, so sind diese weder in der Hitze noch in der Kälte in der Lage, Nitrat zu reduzieren. Ein neuer Beweis, daß gealterte, festdisperse Ferroverbindungen nicht mehr in der Lage sind, Nitrate trotz Anwesenheit von Sauerstoff anzugreifen. Wie PAUL MAYER und ich zeigen konnten, wird das Nitrat nur, wenn es bei der Fällung des Hydrates anwesend ist, zu 100% reduziert. Wird die Nitratlösung erst unmittelbar nach der Fällung zugesetzt, so werden nur noch etwa 50% reduziert.

Es bleibt der Zukunft vorbehalten, das Studium des Systems Ferrohydrat-Sauerstoff weiter auszubauen, um damit vielleicht einen genaueren Einblick in das vergängliche Wesen aktiver Eisen-Sauerstoffverbindungen zu bekommen.

Überall da, wo die Ausscheidung von festem Ferrohydrat oder Carbonat in Gegenwart von Luft vor sich gehen kann, und das ist natürlich auch bei der therapeutischen Anwendung eisenhaltiger Mineralwässer der Fall, müssen wir mit kurzlebigen, energiereichen Kraftfeldern an Eisenoberflächen rechnen. In dieser Erkenntnis und in den erwähnten besonderen Eigenschaften komplexgebundenen Eisens liegt der neue Impuls für eine weitere wissenschaftliche Erforschung der biologischen Eisenwirkung.

Literaturverzeichnis.

1. O. BAUDISCH, Zur Frage der Assimilation anorganischer stickstoffhaltiger Verbindungen in den Pflanzen. Naturwissenschaften 1914, H. 9/10.
2. O. BAUDISCH, Über Nitrat und Nitritassimilation. B. **52**, 40. 1919. (Siehe auch die dazugehörigen 14 vorhergehenden Mitteilungen.)
3. O. BAUDISCH und P. MAYER, Studien über die Reduktion der Nitrite und Nitrate, eine neue Methode der quantitativen Bestimmung dieser Salze. Biochem. Zeitschr. **107**, 1. 1920.
4. O. BAUDISCH, Zur Kenntnis der besonderen chemischen und phys. Eigenschaften des Ferrohydrat-Peroxydes: Reduktion von Alkalinitrat. B. **54**, 406. 1921.
5. O. BAUDISCH und LAWRENCE W. BASS, Eisen als lichtchemischer Katalysator. Über die Zersetzung von Ferrocyankalium im Tageslicht. **55**, 2698. 1922.
6. O. BAUDISCH und LARS O. WELO, On the Mechanism of the Catalytic Action of Iron Salts. Journ. of biol. chem. **61**, 1. 1924.
7. O. BAUDISCH und LARS O. WELO, Chemische und physikalische Studien zum Mineral-, insbesondere zum Eisenstoffwechsel. Naturwissenschaften **13**, Nr. 36. 1925.
8. O. BAUDISCH und LARS O. WELO, On the Aging of Ferrous-Hydroxide and Ferrous-Carbonate. Journ. of biol. chem. **64**, 3. 1925.
9. O. BAUDISCH und DAVID DAVIDSON, The Catalytic Oxydation by means of Complex Iron Salts. Journ. of biol. chem. **71**, 501. 1927.
10. O. BAUDISCH und DAVID DAVIDSON, Natural Mineral Waters in the Light of Modern Research. The Catalytic Action of the Saratoga Springs. Arch. of internal med. **40**, 496. 1927.
11. TH. PFEIFFER und W. SIMMERMACHER, Bestimmung des Nitrit- und Nitratstickstoffes neben anderen Stickstoffverbindungen. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen 1919, S. 65.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Netzebenenkontraktion an Krystalloberflächen.

Die Ergebnisse, die DAVISSON und GERMER[1] bei der Beugung von Elektronen an dem Krystallgitter eines Nickel-Einkrystalls erhielten, zeigten bekanntlich systematische Abweichungen von den theoretisch zu erwartenden Daten, die rein formal durch eine *Kontraktion* des Krystallgitters (DAVISSON-Kontraktion) senkrecht zur Oberfläche beschrieben werden konnten.

Zur Erklärung dieser Abweichungen ist mehrfach der Gedanke diskutiert worden (z. B. von PATTERSON[2]), diese Gitterkontraktion könnte in den äußersten Oberflächenschichten des Krystalls, in denen ja im wesentlichen die Streuung der Elektronen erfolgt, reale Bedeutung haben. Der Betrag der Kontraktion hätte dann zwischen den äußersten Netzebenen 35% erreichen müssen. Wenn auch inzwischen die genannten Abweichungen von BETHE[3] durch Einführung eines Brechungsindex für die Elektronenwellen und durch eine Abänderung der Zuordnung zwischen Experiment und Theorie in befriedigender Weise erklärt werden konnten, bleibt doch die Frage von Interesse, wieweit vielleicht *daneben* die Elektronenbeugung durch die prinzipiell zweifellos vorhandene Netzebenenkontraktion oder -dilatation an der Krystalloberfläche beeinflußt werden könnte.

Ich habe daher, um ein Bild von der Größe der zu erwartenden Netzebenenkontraktion zu bekommen, diese Kontraktion für Krystalle von NaCl-Typ berechnet, und zwar für den Fall, daß die Oberfläche eine (100)-Ebene ist. Die schon früher von MADELUNG[4], jedoch ohne quantitative Auswertung, behandelte Erscheinung, daß in diesem Fall die Na- und Cl-Ionen aus ihrer Netzebene nach entgegengesetzten Richtungen etwas heraustreten, habe ich vernachlässigt, die Netzebenen also als in sich starre Gebilde behandelt, und nur ihre gegenseitige Kraftwirkung und ihren Abstand untersucht. Die Kraft zwischen zwei Netzebenen wurde durch Summation der BORNschen Atomkräfte, mit einem COULOMBschen Anziehungspotential, einem $\frac{1}{r^{\beta}}$ proportionalen Abstoßungspotential und dem BORNschen Faktor $\beta = -\frac{1}{2}$ gewonnen. Von der langwierigen, aber im Grunde elementaren Näherungsrechnung sei nur das Ergebnis angeführt.

Danach ergibt sich für die *relative Vergrößerung* des Netzebenenabstandes im Bezug auf seinen Wert im Krystallinnern für die von außen herein gezählten Netzebenenabstände folgende Tabelle:

Nummer des Netzebenenabstandes:	Relative Vergrößerung:
1	− 0,0030
2	+ 0,000001
3	− 0,000005
4	− 0,000001
5	− 0,0000004

Der verhältnismäßig komplizierte Gang der Kontraktion rührt von der Konkurrenz der von den COULOMBschen und den $\frac{1}{r^{\beta}}$-Potential-Gliedern herrührenden Anteile. Die ersteren verschwinden infolge der Symmetrie positiver und negativer Ladungen asymptotisch exponentiell alternierend nach dem Innern zu, die letzteren asymptotisch mit $\frac{1}{r^{\beta}}$ monoton. Dieses Ergebnis wird allerdings vollkommen gegenstandslos, wenn man bedenkt, daß die BORNschen $\frac{1}{r^{\beta}}$-Glieder sicher nur eine Näherung in ziemlich engen Grenzen von r darstellen, und in Wirklichkeit die Abstoßungskräfte wie ja auch durch die wellenmechanischen Rechnungen von UNSÖLD[1] nahegelegt wird, wohl auch asymptotisch exponentiell mit r abnehmen. Danach müßte die Kontraktion nach dem Krystallinnern zu noch viel rascher abnehmen, als die Tabelle zeigt. Als einigermaßen zuverlässig darf dann nur der erste Wert gelten, der besagt, daß beim NaCl-Typ die beiden äußersten (100)-Netzebenen eine Kontraktion von der Größenordnung von *nur* 3 *Promille* aufweisen. Das rasche Abklingen der Oberflächenstörungen nach dem Innern stimmt übrigens auch mit den Resultaten einer demnächst in den Annalen erscheinenden Arbeit von HERTLEIN über die Oberflächenschichten von Flüssigkeiten überein.

Wenn man nun auch annehmen darf, daß die Oberflächenkontraktion (oder je nach der Art des Gitters auch *Dilatation*) bei weniger starren Gittern, d. h. solchen mit kleineren Abstoßungsexponenten, größer ist als in dem oben berechneten Fall, so wird doch wohl für alle Krystalle der durch diese Kontraktion auf die Elektronenstreuung ausgeübte Einfluß noch weit unter der Meßgenauigkeit liegen.

Stuttgart, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 23. Mai 1928. WERNER BRAUNBEK.

[1] C. DAVISSON und L. H. GERMER, Nature **119**, 558. 1927 und Phys. Rev. **30**, 706. 1927.
[2] A. L. PATTERSON, Nature **120**, 46. 1927.
[3] H. BETHE, Naturwissenschaften **15**, 786. 1927 und **16**, 333. 1928.
[4] E. MADELUNG, Phys. Zeitschr. **20**, 494. 1919.

First Spark Spectrum of Krypton.

The recent experimental work of Messrs J. H. ABBINK and H. B. DORGELO (Zeitschr. f. Phys. **47**, 221. 1928) on the study of the spectrum of krypton in the SCHUMANN region, under a variety of conditions, has furnished the clue to the complete analysis of the first spark spectrum of krypton started by me (Nature Oktober 15., 1927). The lowest states are ^{2}P-terms originating from an electron configuration of $5\,N_2$, and these combine with a set of terms $^4\bar{P}\ ^2\bar{P}\ ^2D\ ^2S$ coming from $4\,N_2\,O_1$. The following multiplets are thus obtained:

	$^4\bar{P}_3$	$^4\bar{P}_2$	$^4\bar{P}_1$	$^2\bar{P}_2$	$^2\bar{P}_1$	$^2D_3$	$^2D_2$	$^2S_1$
$^2P_2$	112830 (10)	113095 (3)	117604 (2)	118475 (6)	121007 (3)	120430 (4)	121786 (1)	127597 (2)
5371								
$^2P_1$		109722 (4)	112233 (5)	113105 (3)	115636 (5)		116409 (4)	122233 (5)

The next set of terms are obtained from $4\,N_2O_2$ combination. All these terms along with those from $4\,N_2O_3$ and $4\,N_2P_2$ have been obtained, and account for about 200 lines.

Patna, Physical Laboratory, Science College, May 23 1928. P. K. KICHLU.

[1] A. UNSÖLD, Zeitschr. f. Phys. **43**, 563. 1927.

Bemerkung zur Mitteilung von Rud. Suhrmann: „Über eine neuartige lichtelektrische Beobachtung an dünnen Alkalimetallschichten".

In dieser Zeitschr. H. 19 vom 11. Mai d. J. brachte Herr SUHRMANN bemerkenswerte Messungen, aus denen hervorgeht, daß der lichtelektrische Strom von dünnen Alkalimetallschichten für Wellenlängen in der Nähe der Grenzfrequenz nicht leicht zu sättigen ist, während für höhere Frequenzen bei wenigen Volt Sättigung erzielt wird. Herr SUHRMANN glaubt daraus schließen zu sollen, daß die nahe der Grenzfrequenz ausgelösten Elektronen sich nur in einem „quasi freien Zustande" befinden, während die durch kurzwelliges Licht ausgelösten die Metalloberfläche ohne weiteres zu verlassen vermögen.

Ich möchte dazu bemerken, daß schon IVES (Astrophys. Journ. **60**, 209. 1924) die Tatsache festgestellt hat, daß Sättigung des lichtelektrischen Stromes an Alkalimetallhäuten um so schwieriger ist, je dünner die Schicht. Wichtig ist jedoch SUHRMANNS Feststellung, daß die Wellenlänge von Einfluß ist.

Als Deutung der Erscheinung möchte ich eine wesentlich einfachere bevorzugen, die im Gegensatz zu der von SUHRMANN angedeuteten allerdings ohne jede grundsätzliche Wichtigkeit für den Vorgang der lichtelektrischen Elektronenauslösung ist. Sie wird durch die von RICHARDSON und YOUNG (Proc. of the roy. soc. of London **107**, 377. 1925) für ganz entsprechende glühelektrische Verhältnisse ausgesprochene Fleckenvorstellung geliefert. Danach soll die Metalloberfläche mehr oder weniger zahlreiche Bezirke (Flecken) etwas verschiedener Austrittsarbeit enthalten, zwischen denen fgl. Potentialunterschiede von der Größenordnung Zehntelvolt bestehen. Diese verursachen starke örtliche elektrische Felder, in denen langsame Elektronen zur Ausgangsplatte zurückgebogen werden. Es bedarf in den üblichen Anordnungen äußerer Spannungen von der Größenordnung 100 Volt, um diese örtlichen Felder zu überwinden. SUHRMANNS Messungen zeigen nun sehr schön, daß Elektronen mit Energien von etwa ein Volt durch die örtlichen Felder nicht mehr zurückgehalten werden. Als Ursache jener Verschiedenheiten wird man bei den Alkalimetallhäuten in erster Linie an unvollständige Bedeckung der Unterlage denken können, wie sie bei unvollständiger Beseitigung von Gas- und Wasserhäuten dauernd erhalten bleiben kann, aber auch sonst in den ersten Entwicklungsstadien der Schicht notwendig eintritt.

Erlangen, Physikalisches Institut der Universität, den 30. Mai 1928. B. GUDDEN.

Das tetraedrische Kohlenstoffatom und die Krystallstruktur des Pentaerythrits.

Unter Bezugnahme auf unsere vorläufige Mitteilung (Nat. **15**, 970. 1927) und die Entgegnung von K. WEISSENBERG (Nat. **15**, 995. 1927) möchten wir auf unsere ausführlichen Veröffentlichungen (Zeitschr. anorg. allg. Chem. **168**, 313. 1927 und **172**, 121. 1928) verweisen. Unsere Versuchsresultate sprechen eindeutig für die Krystallklasse S_4, lassen sich also nur durch einen tetraedrischen Molekülbau interpretieren.

Greifswald und Berlin, den 5. Juni 1928.
A. HETTICH. A. SCHLEEDE. E. SCHNEIDER.

Besprechungen.

RÜBEL, E., **Ergebnisse der internationalen pflanzengeographischen Exkursion durch Schweden und Norwegen 1925.** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, 4. Heft. Bern: Hans Huber 1927. 259 S., mit zahlreichen Textabb. 16×23 cm. Preis RM 14.60.

In dem vorliegenden Bericht sind außer den Mitteilungen über die Organisation und den Verlauf der Exkursion, die in der Zeit vom 2. Juli bis 22. August von Süd- durch Mittel- und Nordschweden und dann wieder südwärts durch Norwegen nach Südwestschweden führte, eine Anzahl von Arbeiten vereinigt, in denen verschiedene Teilnehmer über ihre Beobachtungen berichten und an der Hand derselben Probleme teils mehr spezieller, teils auch allgemeinerer Natur erörtern. In der Hauptsache sind es mitteleuropäische Botaniker, die hierbei zu Worte kommen; es liegt nur in der Natur der Sache, daß ihre Ausführungen vorzugsweise auf einen Vergleich der in Skandinavien beobachteten mit den heimischen Verhältnissen abgestimmt sind, wobei auch die Gegensätzlichkeit der Auffassungen, die ja in manchen wichtigen pflanzensoziologischen Fragen zwischen den „Schulen" von Zürich und Upsala besteht, manche Klärung erfährt. Insbesondere ist es der „Einige skandinavische Vegetationsprobleme" betitelte Beitrag von RÜBEL, der sich in verschiedene solche allgemeineren Fragen vertieft. Anknüpfend an die Beobachtung, daß die in Mitteleuropa (wenigstens in den Alpen und wohl auch zumeist in den Mittelgebirgen, dagegen nicht mehr durchweg im ostpreußischen Fichtengebiet) klimatisch und edaphisch wohlgetrennten Fichten- und Kiefernwälder in Skandinavien meist als Mischwald auftreten, was auf ein Zusammenwirken von historischen (verhältnismäßig kurze Dauer seit der Eisbedeckung), edaphischen (nährstoffarme Böden) und anthropogenen (Bevorzugung des Mischwaldes) Faktoren zurückgeführt wird, weist R. darauf hin, daß die subalpine Stufe der Alpen der subarktischen Nadelwaldregion Nordskandinaviens mitsamt der Birkenwaldstufe und nicht etwa bloß der letzteren allein entspricht, und er betont mit Nachdruck, daß die Begriffe Region und Stufe scharf auseinander gehalten werden müssen und nicht, wie DU RIETZ es wollte, zusammengelegt werden können, wenn auch in der Arktis der horizontale und der vertikale Vegetationswechsel in starkem Maße konvergieren. Als eine besonders auffällige und kennzeichnende Erscheinung der skandinavischen Vegetation wird die außerordentliche Bedeutung hervorgehoben, welche sowohl im Norden wie im Gebirge die Zwergstrauchheiden und Schneetälchen besitzen, also ozeanische, feuchtigkeitsliebende Gesellschaften, die aber auch in Gegenden von ausgesprochen kontinentalem Klimacharakter tonangebend auftreten. Die Erklärung hierfür findet R. in der Überlegung, daß infolge der nördlichen Lage des Landes (niedere Temperaturen, niederer Sonnenstand und daher keine so intensive Bestrahlung wie in den Alpen) die Verdunstung eine relativ geringe ist, was auch bei an sich geringem Niederschlagsbetrage einen hohen Wert des Niederschlags-Verdunstungsindex ergibt und im Verein mit der Schneebedeckung (Verringerung der Temperaturdifferenz zwischen Januar und Juli) und dem die Austrocknung verhindernden Bodeneis den Pflanzenstandort „ozeanisiert"; diese Ozeanität begünstigt das Vordringen der fraglichen Pflanzengesellschaften wie auch der Moore nach Norden und im Gebirge, während in den Alpen die Zwergstrauchheiden ausgeprägt nur im Kampfgürtel

zwischen Wald- und Krüppelgrenze auftreten, die eualpine Stufe dagegen eine Wiesenstufe ist. Die „Kühlozeanität" macht stenözische Arten der mittleren, mehr oder weniger kontinentalen Gebiete zu Ubiquisten, sie „verdirbt ihren Charakter", und nicht bloß bei den einzelnen Arten, sondern auch bei den Gesellschaften macht sich ein solches Durch- und Übereinandergreifen geltend; die lokalklimatischen und edaphischen Faktoren spielen eine noch größere Rolle als schon sonst und erzeugen im Kampf um den Raum eine mosaikartige Anordnung, in der die Physiognomie und die Dominanz viel stärkerem Wechsel unterworfen sind als der Artenbestand. In diesen Verhältnissen zusammen mit der sehr viel größeren Bedeutung, welche Moose und Flechten in den skandinavischen Pflanzengesellschaften spielen, ist R. geneigt, die Hauptursache für die verschiedene Richtung zu suchen, in der sich die Pflanzensoziologie in Skandinavien gegenüber der mitteleuropäischen entwickelt hat. Gegenüber diesen in ihrer Gesamtheit wohl abgegrenzten, aber durch kleine, ökologische Lokaldifferenzen außerordentlich zersplitterten Gesellschaften der Zwergstrauchheiden — ganz analoge Verhältnisse liegen auch bei den Mooren vor — erhebt sich nun naturgemäß die Frage nach einem zur Unterscheidung von Assoziationen und bloßen Faziesbildungen geeigneten Kriterium, da R. mit Recht das einfache Nebeneinanderlegen einer ganzen regellosen Masse von kleinen Gesellschaften nicht als befriedigend anzuerkennen vermag. Wenn R. die Frage dahin beantwortet, daß nach Analogie der sonst üblichen Einteilung der Vegetation nach den höchsten Schichten auch hier verfahren werden solle, so vermag Ref. diesem Vorschlage allerdings nicht bedingungslos zu folgen, vielmehr sollte vielleicht eher derjenige Bestandteil in den Vordergrund gestellt werden, der für die Gesamtökologie bestimmend ist, und das kann unter Umständen auch die von Kryptogamen gebildete Bodenschicht und nicht die sie überragende Zwergstrauchschicht sein; völlig einverstanden aber ist Ref. mit der weiteren von R. erhobenen Forderung, den Begriff der soziologischen Wertigkeit mehr als bisher zu berücksichtigen und auf Grund derselben sich einer in die Tiefe gehenden soziologischen Gliederung zu befleißigen, anstatt vorzugsweise bloß aneinanderzureihen.

Von denjenigen der übrigen Beiträge, die auf Vergleiche eingestellt sind, seien die Betrachtungen über die Pflanzendecke Skandinaviens und der Ostalpen genannt, die VIERHAPPER anstellt und in denen nicht bloß die Vegetation in ihrer Gliederung nach Wärme und Klimacharakter, sondern auch die Flora und die diese zusammensetzenden Florenelemente in den Kreis der Betrachtung gezogen werden. Ebenfalls die Alpen als Grundlage des Vergleichs benützt FREY, der die Flechtenvegetation vergleichend behandelt; dabei ergibt sich aus der Beschreibung der epiphytischen Flechtenvegetation, daß Zusammenhänge zwischen dieser und dem Klima vorhanden sind und daß das Studium der Epiphytenvegetation, die sich zum Vergleich verschiedener Lokalklimate und ihrer Einwirkung auf die Vegetation besonders gut eignet, auch dasjenige der Wälder als Ganzes sehr zu fördern vermag. Die kürzer gehaltenen Mitteilungen über die Flechtenvegetation auf Fels sind besonders dadurch wertvoll, daß die Frage nach den Grenzen zwischen verschiedenen Assoziationen erörtert werden und gezeigt wird, daß diese, entgegen den Behauptungen von DU RIETZ von den gerade bei den Flechtengesellschaften „messerscharfen" Grenzen, auch in Skandinavien bald scharf, bald mehr oder weniger diffus sein können; im allgemeinen sind die Grenzen um so schärfer, je mehr sich die Pflanzengesellschaften ihren Boden selbst geschaffen haben, je mehr sie sich also von den ursprünglichen chemisch-physikalischen Faktoren unabhängig gemacht haben. Weiter ist hier noch die Arbeit von MARKGRAF zu erwähnen, der einen Vergleich zwischen den Buchenassoziationen Norddeutschlands und Schwedens anstellt und damit zugleich auch einen Beitrag zu der Frage nach der Verbreitung bestimmter Assoziationen liefert. Er findet, daß nicht etwa der Pommersche Küstenbuchenwald in Südschweden seine unmittelbare Fortsetzung hat, sondern daß die Beziehungen großzügiger und vielseitiger sind, indem einige Assoziationen, die auf einem für die Buche schon sehr armen Boden auftreten, eine weite, von floristischen Grenzlinien unabhängige Verbreitung besitzen, während der Waldmeister-(Asperula odorata)-Buchenwald erst im Nordosten des deutschen Buchenareals in ähnlicher Ausprägung auftritt und die Melica uniflora-Assoziation einen baltischen Verbreitungstypus darstellt, der beiderseits der Ostsee in einem breiten Streifen verläuft. Endlich ist in diesem Rahmen auch noch die Arbeit von DOKTUROWSKY zu nennen, welche Materialien zur Vergleichung der skandinavischen und russischen Torfmoore bringt; sie ist besonders dadurch von Wert, daß sie einen Einblick in die sonst nur schwer zugänglichen Ergebnisse der russischen Moorforschung vermittelt.

Dagegen sei noch kurz eingegangen auf die Beiträge, die GAMS zur Kenntnis der Vegetation schwedischer Seen liefert. Sie enthält zunächst wertvolle Bemerkungen über die Gliederung der Seentypen, in denen gegenüber einer in neuerer Zeit vielfach angewendeten zu weitgehenden Schematisierung betont wird, daß es unter den eutrophen wie unter den oligotrophen Seen eine große Menge besonders nach dem Kalk- und Humusgehalt zu unterscheidender Typen gibt und daß eine befriedigende Gliederung nicht nur eine sowohl physikalisch-chemische wie biologische Untersuchung erfordert, sondern nach Möglichkeit außer dem heutigen Zustand auch noch die auf stratigraphischem Wege erschlossene Entwicklungsgeschichte verwerten sollte. Weiter werden die epipythmenischen, d. h. aus ihrer Unterlage frei aufliegenden Algenkolonien bestehenden Assoziationen der Torne-Lappmark und der Alpenseen vergleichend behandelt und endlich noch der Grenzgürtel des Torneträsk ausführlicher besprochen. In letzterem wachsen unter amphibischen Verhältnissen auch eine Anzahl typischer Schneebodenpflanzen (z. B. Salix polaris, Iuncus biglumis, verschiedene Lebermoose), eine Erscheinung, die immerhin auch, wie Verf. aus eigener Erfahrung zeigt, in den Seen der Alpen gewisse Parallelen findet und die vor allem für das Verständnis der spätglazialen Ufervegetation mitteleuropäischer Gewässer sehr lehrreich ist. Der Torneträsk ist einer der südlichsten Seen, in denen sich noch heutzutage ein typischer Dryaston bildet; die glazialen Dryastone sind keineswegs als Ablagerungen des Gletscherwassers zu betrachten, was sie nach BROCKMANN-JEROSCH sein sollen, sondern es handelt sich um Tongyttja, die zu ihrer Bildung sehr lange Zeit gebraucht hat und vielfach weit vom Gletscherrand gebildet worden ist; damit behalten also die Dryastone uneingeschränkt ihre Bedeutung für Schlüsse auf das Klima und die Vegetation der Eiszeit, die nur als eine Periode von kaltem, kontinentalem Klima und nicht als eine Zeit erhöhter Niederschläge betrachtet werden kann.

W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.